ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 JUILLET 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les hypothèses fondamentales de la Physique et de la Géométrie.* Note de M. ÉMILE BOREL.

Les récents travaux sur la théorie de la relativité, et notamment ceux de MM. Weyl (¹) et Eddington (²) ont montré l'importance qu'ont pour les physiciens les recherches sur les principes de la Géométrie, regardées parfois comme relevant plutôt de la Philosophie que de la Science. Il ne paraît donc pas inutile de chercher à préciser quelles sont les hypothèses fondamentales, de nature physique, qui sont impliquées dans toutes les théories par lesquelles on a tenté une synthèse de la Géométrie et de la Physique; les idées essentielles ont été émises par Riemann et par Poincaré; il y a seulement lieu de les adapter aux suggestions de l'expérience interprétée par un Lorentz et un Einstein, suggestions qui nous ont fait envisager comme possibles et même comme probables des faits physico-géométriques qui, au XIXe siècle, eussent paru invraisemblables.

Pour simplifier le langage et les notations, je parlerai simplement de l'espace à trois dimensions considéré à un instant donné, c'est-à-dire que je raisonnerai sur une section (arbitraire sous de larges conditions) de l'Univers à quatre dimensions; des considérations analogues s'appliqueraient à l'Univers lui-même.

La *première hypothèse* consiste à admettre la possibilité de définir dans

---

(¹) H. WEYL, *Raum, Zeit, Materie*, 3e édition.

(²) A.-S. EDDINGTON, *Espace, temps et gravitation* (traduction Rossignol) et *Proceedings of the Royal Society of London* (A, vol. 99, mai 1921).

l'espace un réseau de coordonnées à trois dimensions u, v, w. Au point de vue local, cette hypothèse est essentiellement une hypothèse de continuité; il n'est pas, en effet, possible de supposer effectivement tracées une infinité continue de surfaces $u = \text{const.}$; il est donc nécessaire d'admettre la possibilité d'interpoler, sous la seule condition qu'un nombre suffisamment grand de ces surfaces aient été choisies et numérotées; c'est là l'hypothèse de continuité. Au point de vue général, la forme du réseau est liée à celle de l'espace entier considéré au point de vue de l'*Analysis situs;* toute hypothèse non logiquement absurde est compatible avec les faits observés dans la portion de l'espace accessible à nos investigations, du moment que cette hypothèse est relative à des portions de l'espace suffisamment éloignées. Il paraît superflu d'introduire une hypothèse invérifiable ([1]).

Le réseau u, v, w, étant supposé défini et satisfaisant à l'hypothèse de continuité, imaginons qu'en chaque point de l'espace nous ayons une jauge infiniment petite et que nous cherchions le lieu de l'une de ses extrémités, l'autre extrémité restant fixe. La *seconde hypothèse* est que ce lieu est un ellipsoïde ayant son centre à l'origine, dans le système de coordonnées du, dv, dw; cette hypothèse, supposée vérifiée quelle que soit la nature physique de la jauge et l'état physique du point de l'espace considéré, comprend à elle seule de nombreuses hypothèses physiques ou, si l'on préfère, les résultats de nombreuses expériences. Cette seconde hypothèse nous permet d'écrire le ds^2, dans le système de coordonnées envisagé, sous la forme

$$ds^2 = \lambda^2 \varphi(du, dv, dw), \tag{1}$$

dans laquelle φ est une forme quadratique à coefficients variables, correspondant à l'ellipsoïde défini en chaque point, et λ un facteur arbitraire caractérisant la longueur variable de la jauge aux divers points de l'espace. Si l'on admet que l'on prend pour jauge aux divers points une « même » grandeur physique, il en résultera la continuité de λ et des coefficients de φ; en tout cas, les coefficients de la forme $\lambda^2\varphi$ devront être supposés en général continus; c'est la *troisième hypothèse* ([2]).

([1]) Je ne considère pas comme une hypothèse, mais comme un fait physique, le nombre *trois* des dimensions de l'espace.

([2]) Cette hypothèse est nécessaire en raison de l'impossibilité non seulement d'effectuer, mais simplement d'imaginer l'expérience de la jauge en *tous* les points de l'espace; il faut qu'un nombre fini d'expériences permettent de prévoir les résultats de toutes les expériences.

Il nous est loisible, si cela nous est commode, d'ajouter à ces trois hypothèses physiques une *quatrième hypothèse*, que l'on pourra appeler *géométrique*, largement arbitraire, qui consistera à définir un $d\sigma^2$ géométrique par la formule

$$d\sigma^2 = \psi(du, dv, dw), \tag{2}$$

dans laquelle ψ est une forme quadratique quelconque (à coefficients continus); si cette forme est à courbures nulles, l'espace géométrique sera euclidien ([1]).

La relation entre l'espace géométrique (2) et l'espace physique (1) est donnée par la formule

$$\frac{ds^2}{d\sigma^2} = \frac{\lambda^2\varphi(du, dv, dw)}{\psi(du, dv, dw)}, \tag{3}$$

dans laquelle les invariants du second membre, par rapport à la transformation ponctuelle générale, expriment les propriétés physiques de l'espace géométrique considéré, par rapport aux jauges utilisées (l'espace géométrique dépend en outre du choix particulier de la section d'univers; cette difficulté ne se serait pas présentée si l'on avait introduit quatre variables au lieu de trois).

L'introduction de la fonction arbitraire ψ peut apparaître comme une complication inutile; il est bien certain qu'il en serait ainsi si on la choisissait au hasard, de même qu'on introduirait une complication gênante dans la Mécanique classique en regardant comme axes absolus des axes liés à la Terre ou à un atome déterminé. L'expérience seule permettra de décider si certains choix de la fonction ψ permettent ou non de donner une forme plus simple aux propriétés physiques de l'Univers; il sera peut-être alors permis d'attribuer à une géométrie particulière (et à une définition particulière du temps), une vérité basée sur la notion de commodité, telle que l'entendait Poincaré à propos de la rotation de la Terre autour du Soleil. En attendant, on doit réserver la réponse à la question de savoir si l'introduction de ψ est une complication superflue ou une simplification presque indispensable.

Mais, avant d'aborder ainsi la quatrième hypothèse, il y aurait lieu d'examiner de près les trois premières et de se demander notamment si elles restent justifiées à l'échelle moléculaire ou si elles expriment seulement des vérités statistiques.

([1]) Si l'on ne se place pas seulement au point de vue local, les deux formes φ et ψ devront être compatibles au point de vue de l'*Analysis situs*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réaction mutuelle de l'acide oxalique et de l'acide iodique* (troisième Note) : *Influence de la lumière solaire.* Note de M. **Georges Lemoine.**

La lumière accélère la réaction de l'acide oxalique et de l'acide iodique que j'ai étudiée sous l'influence soit de la chaleur seule, soit de différents catalyseurs ([1]) :

$$(1) \qquad C^2H^2O^4 + \frac{2}{5}IO^3H = 2CO^2 + \frac{2}{5}I + \frac{6}{5}H^2O.$$

J'ai cherché à déterminer, par l'expérience, quel est l'accroissement de la vitesse de cette réaction à la lumière à une température donnée, et de combien la température peut être abaissée pour obtenir avec la lumière la même vitesse de réaction qu'avec la chaleur.

Les expériences ont été faites à la lumière solaire en choisissant de très belles journées; à l'époque de ces recherches, on ne disposait pas encore dans les laboratoires des radiations ultraviolettes fournies maintenant par les lampes électriques à arc de mercure, si heureusement utilisées en photochimie par M. Daniel Berthelot.

Expérience préliminaire montrant l'influence de la lumière. — Deux tubes de 14^{mm} de diamètre contenant chacun 20^{cm^3} du mélange des liquides *binormaux* sont disposés perpendiculairement aux rayons du soleil par un ciel très pur : l'un des deux est enveloppé de papier noir. Cette expérience est choisie parmi plusieurs autres parce qu'il se trouve que les températures des liquides dans les deux tubes ont été égales (39°,1), l'échauffement produit par le soleil dans l'un d'eux étant compensé par le refroidissement dû à l'air ambiant.

	Tube à l'obscurité.		Tube au soleil.	
Temps en heures depuis l'origine.	Gaz ramené à 15° et 760mm.	Fraction de décomposition.	Gaz ramené à 15° et 760mm.	Fraction de décomposition.
h	cm³		cm³	
1,30	30	0,038	129	0,165
2,02	69	0,088	224	0,287
2,50	95	0,121	284	0,363

Si la décomposition était complète, le volume dégagé serait 782^{cm^3} : d'où le calcul de la fraction de décomposition.

([1]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1094, et t. 173, 1921, p. 7.

Température des deux liquides : à l'origine, environ 22°; à la fin, 39°,1.

Organisation des expériences définitives. — Les déterminations quantitatives se heurtent à une difficulté spéciale à la réaction actuelle : c'est que dans l'obscurité elle est déjà importante à des températures de 30° à 40°. Or le liquide actif exposé au soleil s'échauffe assez rapidement et arrive à une température précisément de 30° à 40°. La lumière n'exerce plus alors qu'une influence supplémentaire. Pour l'isoler de l'influence de la chaleur, il faudrait pouvoir réaliser l'expérience à de très basses températures, ce qui, pour avoir en même temps une insolation assez vive, ne pourrait se faire tout au plus qu'à de très grandes altitudes.

Après divers essais j'ai pris les dispositions suivantes.

Toutes les déterminations portent sur le mélange des liquides binormaux parce que la réaction y est plus rapide qu'avec les liquides normaux.

Avant d'être exposé à la lumière, le mélange est amené d'avance à la température qui devrait être, d'après des essais préalables, à peu près celle qu'il prendra en s'échauffant au soleil.

On choisit de préférence des journées qui, tout en ayant un beau ciel sans nuages, ne sont pas trop chaudes : au printemps ou à l'automne. L'action du soleil est alors sensiblement constante pendant plusieurs heures [1].

Le plus souvent, la réaction est effectuée dans des cuves à faces parallèles (1^{mm}, 4^{mm}, 10^{mm}) qu'on pose sur des boîtes en cuivre rouge installées perpendiculairement aux rayons solaires, en ayant soin de refroidir ces boîtes (ordinairement par de l'eau glacée, en renouvelant la glace).

La réaction ne se mesure plus alors par le gaz dégagé, mais par des essais alcalimétriques faits avant et immédiatement après l'expérience, sur 5^{cm^3} ou 10^{cm^3} de liquide amenés à une assez grande dilution. On peut ainsi faire des prises d'essai à des époques déterminées.

Loi de la vitesse de la réaction. — Elle a pu être déterminée approximativement dans l'une des expériences par des prises d'essai successives. Elle paraît être la même qu'à l'obscurité : si p est le poids de mélange actif insolé, y le poids décomposé au temps t et K une constante, on a

$$(2) \qquad \frac{d\frac{y}{p}}{dt} = k\left(1 - \frac{y}{p}\right)^2,$$

(1) C'est ce qui résulte de mes expériences sur les mélanges d'acide oxalique et de chlorure ferrique (*Comptes rendus*, 2 décembre 1895). Abney est arrivé à des conclusions semblables (*Philosophical Transactions*, 1893).

d'où, en intégrant,

$$1 - Kt = \frac{1}{1 - \frac{y}{p}},$$

soit, pour la durée de la demi-décomposition, $\tau = -\frac{1}{K}$, car K est négatif.

Expérience du 7 avril 1906 de $12^h.02^m$ à $14^h.23^m$.

Ciel blanc, surtout autour du Soleil; température de l'air, 18°. Cuve de 10^{mm}, normale aux rayons solaires; température du liquide, 27°,3 à $14^h.23^m$.

	t...	$0^h,72$.	$1^h,47$.	$2^h,35$.
$\frac{y}{p}$	observé............	0,026	0,058	0,090
	calculé.............	0,030	0,058	donnée

Dès que la réaction est engagée, l'iode mis en liberté entre en partie en solution dans le liquide; mais la coloration qui en résulte est faible à cause du peu de solubilité dans l'eau $\left(\frac{1}{3750}\right.$ à 15°, d'après Dietz$\left.\right)$ et par conséquent dans les liquides aqueux.

Influence de l'absorption de la lumière en traversant le liquide actif. — Cette absorption fait que la lumière s'atténue et avec elle l'action chimique à mesure que l'épaisseur traversée est plus grande.

En toute rigueur, pour comparer l'action chimique de la lumière et de la chaleur, il faudrait donc que les expériences soient faites avec des cuves infiniment minces; on devrait, pour tout ramener à ce cas idéal, déterminer l'absorption par des expériences faites comparativement avec différentes épaisseurs de liquides, 1^{mm}, 4^{mm}, 10^{mm}, 25^{mm}, comme je l'ai fait autrefois pour la réaction de l'acide oxalique et du chlorure ferrique [1].

Afin d'avoir une idée de cette absorption pour la situation atmosphérique actuelle, j'ai observé simultanément dans chaque expérience la fraction de décomposition dans des cuves de 1^{mm} et 4^{mm}; le rapport a été trouvé généralement de 1,1 environ : la faiblesse de ce nombre indique que la correction à faire pour passer d'une cuve de 1^{mm} à une cuve infiniment mince est à peu près négligeable. Je me suis donc attaché surtout aux expériences faites avec des cuves de 1^{mm}. Elles donnent une idée générale assez exacte des phénomènes.

Expériences sur l'abaissement de la température de réaction produit par la

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. 6, 1895, Chap. IX, et *Comptes rendus*, t. 112, 1891, p. 936 et 992.

lumière solaire. — C'est avec ces quelques réserves que j'ai déterminé l'accroissement de la vitesse de réaction produit par la lumière à une température donnée et l'abaissement de température qui en résulte pour obtenir la même vitesse de réaction qu'à l'obscurité.

Les expériences étaient faites dans des cuves de 1^{mm} avec le mélange des liquides binormaux.

Les comparaisons numériques avec les résultats qu'on aurait obtenus dans l'obscurité à une température θ sont calculés d'après la formule trouvée comme résumant les expériences faites avec la chaleur seule pour les mélanges binormaux (1) :

$$\log\tau = -\log(-K) = 3{,}20 - 0{,}057\theta. \quad (3)$$

On sait que les valeurs de τ, durée de la demi-décomposition, sont les inverses de celles de $(-K)$.

Dates des expériences.	Données de l'expérience.					Valeur de τ dans l'obscurité à la température θ d'après la form. (3).	Rapport des valeurs de τ au soleil et à l'obscurité.	Température Θ donnant dans l'obscurité la même valeur de τ qu'au soleil d'après la form. (3).
	Température de l'air.	t.	$\frac{y}{p}$.	τ d'après la formule (2).	Température θ du liquide insolé.			
	°	h		h	°	h		°
4 avril 1906 (1)...	12	1,00	0,076	12,2	32	23,8	0,51	37,1
7 avril 1906 (2)...	18	2,35	0,106	19,7	27	45,8	0,43	33,4
10 avril 1906 (3)...	22	2,12	0,213	7,8	36	14,1	0,56	42,2
27 juin 1906 (4)...	31	2,33	0,147	13,5	31	27,1	0,50	36,3

Nota. — (1) Soleil magnifique. — (2) Ciel blanc autour du soleil. — (3) Très beau temps. — (4) Très beau temps; ciel un peu blanc autour du soleil.

Ces résultats doivent subir une correction pour tenir compte de l'absorption exercée par le verre sur les radiations de la région du violet et de l'ultraviolet.

Pour l'apprécier, j'ai pris deux cuves de 4^{mm} d'épaisseur ayant leur face antérieure pour l'une en verre blanc, comme pour les déterminations précédentes, pour l'autre en *quartz :* au bout de 2 heures, par une belle journée

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1100, où il faut lire $(-K)$ au lieu de K, car K est négatif.

(31 août 1906), les proportions $\frac{y}{p}$ de liquide décomposé y étaient respectivement 0,057 et 0,065, d'où le rapport

$$(0,065 : 0,057) = 1,14.$$

Si, faute de mieux (étant dépourvu de cuve de quartz de 1^{mm}), on applique cette correction aux cuves de 1^{mm} employées dans les expériences précédentes, on obtient les résultats définitifs ci-dessous :

Dates des expériences.	Données de l'expérience. t.	$\frac{y}{p}$ observé.	$\frac{y}{p}$ corrigé.	τ d'après la form. (2).	Temp. du liqu. insolé θ.	Valeur de τ dans l'obscurité à la temp. θ d'après la formule (3).	Rapport des valeurs de τ au soleil et à l'obscurité.	Temp. Θ donnant à l'obscurité la même valeur de τ qu'au soleil d'après la formule (3).	Excès de Θ sur θ.
	h			h	o	h		o	o
4 avril 1906...	1,00	0,076 × 1,14 =	0,087	9,13	32	23,8	0,38	39,3	7,3
7 avril 1906...	2,35	0,106 × 1,14 =	0,121	17,3	27	45,8	0,38	34,4	7,4
10 avril 1906...	2,12	0,213 × 1,14 =	0,243	6,61	36	14,1	0,47	41,7	5,7
27 juin 1906...	2,33	0,147 × 1,14 =	0,168	11,54	31	27,1	0,43	37,5	6,5

En nombres ronds, on peut donc conclure qu'au soleil, dans les belles journées de notre climat :

La durée de la demi-décomposition, pour une température donnée, est les 0,4 de ce qu'elle est dans l'obscurité (rapports des valeurs de τ);

Une même vitesse de réaction se produit au soleil, à une température de 7° plus basse que dans l'obscurité (excès de Θ sur θ).

Comparaison avec quelques autres transformations chimiques. — L'abaissement de température réalisé par la lumière du soleil de nos climats pour obtenir la même vitesse de transformation que dans l'obscurité a été trouvée environ (¹) :

Pour le mélange d'acide oxalique et de chlorure ferrique normaux.	100°
Pour le styrolène..	50
Pour le mélange d'acide oxalique et d'acide iodique binormaux.....	7

Ces différences considérables entre les trois transformations sont sans doute corrélatives de celles qu'elles présentent lorsqu'elles se font dans

(¹) G. Lemoine, *Mélange d'acide oxalique et de chlorure ferrique* (*Annales de Chimie et de Physique*, t. 30, 1893, et t. 6, 1895, § 4, p. 531); *Styrolène* (*Comptes rendus*, 6 novembre 1899, *in fine*).

l'obscurité à des températures d'environ 40°, c'est-à-dire aux températures que les liquides atteignent au soleil : la vitesse de transformation est alors insignifiante et pratiquement nulle dans l'obscurité pour le mélange d'acide oxalique et de chlorure ferrique, tandis qu'elle est déjà assez importante pour le mélange d'acide oxalique et d'acide iodique. Ainsi la proportion de matière transformée en une heure vers 41° dans l'obscurité est à peu près :

Acide oxalique et chlorure ferrique normaux..........	0,000 014
Styrolène..	0,001
Acide oxalique et acide iodique binormaux...........	0,12

On conçoit que la lumière ne facilite pas énormément la dernière réaction puisqu'elle se produit déjà dans l'obscurité.

On peut aussi rapprocher ces différences de ce qui se passe avec les catalyseurs : ainsi le noir de platine, qui est un excellent catalyseur pour les mélanges d'acide oxalique et d'acide iodique, est beaucoup plus efficace aux basses températures pour lesquelles la réaction dans l'obscurité est insignifiante (¹).

Quoi qu'il en soit, ces expériences sur l'action chimique de la lumière pour les mélanges d'acide oxalique et d'acide iodique peuvent être utilement rapprochées des expériences déjà publiées sur l'influence des catalyseurs.

GÉOLOGIE. — *Sur les plissements dysharmoniques dans les montagnes au nord de Toulon.* Note de M. **Émile Haug.**

Les montagnes urgoniennes qui limitent au nord le littoral de la région toulonnaise appartiennent à une zone tectonique très particulière. J'ai montré précédemment qu'elle prend naissance à l'ouest, sur le bord méridional du bassin du Beausset, sous la forme d'un anticlinal droit, dont le flanc méridional a été fortement entamé par des érosions antérieures au charriage, si bien que, dans la partie orientale du chaînon du Gros Cerveau, il ne subsiste plus que la moitié du pli. La zone des terrains renversés et, par places, la zone triasique chevauchent dès lors directement sur les dolomies néojurassiques qui constituent le noyau du demi-anticlinal. L'Urgonien du flanc nord s'enfonce par contre sous les terrains crétacés du bassin du Beausset, qui lui font suite normalement. Il est de même séparé norma-

(¹) G. Lemoine, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 10.

lement des Dolomies du noyau par une bande étroite d'Hauterivien et de calcaires blancs, probablement valanginiens.

Déjà, dans le chaînon du Gros Cerveau, cette bande est localement étirée, l'Urgonien reposant alors directement sur les Dolomies. A l'est des gorges d'Ollioules, dans le chaînon du Croupatier, qui constitue le prolongement du Gros Cerveau, l'étirement paraît se produire plus fréquemment, mais la bande d'Hauterivien et de Calcaires Blancs présente encore son développement normal sur la route qui conduit au fort du Cap Gros.

L'Urgonien du Croupatier forme une grande dalle, inclinée au NW, qui, dans cette direction, s'enfonce sous l'Aptien. Mais la dépression du Broussan et celle du col du Corps de Garde ont profondément entamé son soubassement et permettent de constater, sur une longueur de près de 2^{km}, la superposition directe de l'Urgonien au Bathonien marneux. En deux endroits, une lame de Dolomies s'intercale entre les deux terrains, ce qui montre avec évidence que leur surface de contact correspond à un accident tectonique et ne saurait en aucune façon être interprétée comme un contact normal, avec lacune stratigraphique.

Sur le pourtour de la dépression du Broussan, on voit même l'Urgonien ou l'Aptien reposer directement sur des calcaires mésotriasiques à *Encrinus liliiformis* ou sur les dolomies hettangiennes.

Il existe donc, dans la partie septentrionale du Croupatier, à la base de l'Urgonien, une importante *surface de décollement*, qui a détaché ce terrain de son substratum normal et qui a tranché obliquement plusieurs termes du soubassement.

Un décollement tout à fait semblable existe plus à l'est, au delà du vallon du Las, à la base du Faron, montagne urgonienne qui appartient à la même zone tectonique que le Gros Cerveau et le Croupatier. Il a été signalé depuis longtemps par Marcel Bertrand, qui a assimilé son intersection avec la surface topographique aux « failles courbes » du Jura.

Sur le versant méridional du Faron, on observe, sous l'Urgonien, toute la série normale des terrains, depuis le Bathonien jusqu'à l'Hauterivien, sans aucune trace d'étirement. La surface de décollement sépare le Bathonien des calcaires mésotriasiques, qui forment le socle de la montagne. Vers l'extrémité orientale du chaînon, elle se relève et coupe en biseau les différents termes de la masse décollée, de sorte que le Bathonien calcaire, les Dolomies, les Calcaires Blancs, l'Hauterivien et, finalement, au sud du fort de la Croix-Faron, l'Urgonien se trouvent successivement en contact

direct avec les calcaires mésotriasiques, qui plongent régulièrement au NE, comme la surface de décollement elle-même.

Sur le versant nord du Faron, le substratum de l'Urgonien n'est visible nulle part. Une cassure très importante à peu près verticale, et dirigée sensiblement W-E, puis NNW-SSE, fait buter l'Urgonien contre une série jurassique presque horizontale, allant du Bathonien marneux aux dolomies néojurassiques. Il est difficile d'admettre que l'on est en présence d'une simple faille verticale, due à un tassement postérieur au plissement, car l'accident ne se prolonge ni à l'ouest, sur la rive droite du Las, ni à l'est, dans le soubassement triasique. A l'extrémité orientale du chaînon, on le voit même contourner l'Urgonien du fort de la Croix-Faron et se raccorder avec la ligne de contact anormal qui correspond au décollement du versant sud. A l'ouest, le raccordement est plus hypothétique, mais il semble bien que l'on doive envisager, avec Marcel Bertrand, la cassure verticale du versant nord et la surface de décollement du versant sud comme se raccordant en profondeur et constituant un seul et même accident. Contrairement au Croupatier, le Faron est donc entièrement décollé de son soubassement.

Il existe encore, au nord du Faron, une 3[me] masse urgonienne, elle aussi décollée, au moins partiellement, de son substratum. C'est le mont Combe, dont la paroi domine au nord la dépression qui relie le vallon de Dardenne à celui de la Valette. Il fait face au Coudon, mais ses analogies sont plutôt avec le Croupatier, car la dalle urgonienne dont il est formé est inclinée au nord et s'enfonce normalement sous l'Aptien de la terminaison orientale du bassin du Beausset, qui supporte lui-même le Cénomanien classique de Tourris. Au pied sud de la paroi, cette dalle repose soit sur les Dolomies, soit sur le Bathonien calcaire, soit sur le Bathonien marneux, soit même, au-dessus de la Ripèle, sur le Trias supérieur. L'Urgonien est donc séparé, ici aussi, de son soubassement par une surface de décollement, et celle-ci s'enfonce au nord à une profondeur indéterminée.

Si maintenant nous suivons l'Urgonien du mont Combe vers l'ouest, nous le voyons prendre une allure tout à fait différente. Sa largeur diminue considérablement et il se trouve bientôt réduit à une lame dont l'épaisseur ne dépasse guère quelques dizaines de mètres et qui s'intercale entre l'Aptien, au nord, et le Lias à silex ou l'Hettangien au sud. Tous ces terrains, au lieu de plonger, comme ils le font plus à l'est, au nord, s'enfoncent uniformément vers le sud. L'Aptien et l'Urgonien constituent toujours le bord méridional du bassin du Beausset, mais ils ont subi une

torsion de près de 90° et sont désormais *renversés*. L'Urgonien ne tarde pas à s'étirer complètement, de sorte qu'au barrage de Dardenne le Lias s'appuie directement sur l'Aptien. Entre le Revest et le Broussan les étirements sont encore la règle, mais l'Urgonien reparaît à trois reprises, sous la forme de grandes dalles inclinées au sud. Il s'appuie sur l'Aptien ou sur le Cénomanien renversés et supporte les Dolomies néojurassiques ou le Bathonien, également renversés; il est lui-même renversé.

Aucun doute ne peut exister au sujet de la continuité primitive de l'Urgonien décollé du Croupatier et du Faron et de l'Urgonien du bord méridional du bassin du Beausset. Au Croupatier, elle est encore réalisée aujourd'hui, et il est de toute évidence que l'érosion seule a séparé l'escarpement nord du Faron de l'escarpement sud du mont Combe. Quant aux trois lames d'Urgonien renversé qui, entre le Broussan et le Revest, s'enfoncent sous le Jurassique et se raccordent en profondeur avec l'Urgonien du bord nord du bassin, c'est incontestablement leur bord libre qui, antérieurement à l'action de l'érosion, se raccordait avec le bord nord-est de la dalle du Croupatier et avec le bord nord de la masse urgonienne du Faron. Le raccord s'effectuait par une courbure harmonieuse, dessinant un vaste anticlinal déversé au nord. Sur le bord ouest de la dépression du Broussan, on voit nettement les deux Urgoniens se rejoindre et former voûte pardessus les calcaires mésotriasiques.

Dans toute la zone tectonique qui nous occupe, les déformations qu'a subies l'Urgonien se réduisent donc à une seule ondulation à grand rayon de courbure, remplacée, entre le Broussan et le Revest, par un anticlinal unique, déversé au nord. Le soubassement présente, par contre, des dislocations autrement nombreuses, autrement compliquées. C'est ce qu'il me reste à montrer.

J'ai signalé, dans une Note antérieure ([1]), sur le versant sud du Croupatier, une bande de Calcaires Blancs qui marque, dans les Dolomies du soubassement, le passage d'un synclinal. Les Dolomies qui séparent ces Calcaires Blancs de la série normale Valanginien-Hauterivien-Urgonien sont dès lors manifestement repliées en anticlinal et le plan axial plonge au NW. L'anticlinal est donc déversé au SE et j'ai attribué ce déversement exceptionnel à une poussée au vide, résultant de ce que les dénudations antérieures au plissement ont créé, au sud de la zone urgonienne méridionale, une zone de moindre résistance. Il est manifeste que l'érosion a

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1548-1554.

enlevé toute la partie supérieure du Jurassique dans la région située immédiatement à l'ouest des Quatre-Chemins des Routes, car ici le Trias chevauche directement sur le Bathonien marneux. Et il semble que la dénudation a également affecté le soubassement du Faron, où un glissement de proportions gigantesques a donné lieu à la superposition directe du Bathonien au Trias moyen.

Tous ces terrains décapés des deux rives du Las sont peu disloqués et c'est seulement au nord des Quatre-Chemins et en amont de la chapelle Saint-Pierre que l'on pénètre dans une région où les plis se succèdent en grand nombre dans une zone relativement étroite, la dépression de Dardenne. On traverse du sud au nord les accidents tectoniques suivants :

1° L'anticlinal de Saint-Pierre, faisant affleurer, au milieu de l'Hettangien, une bande de Rhétien correspondant à la région axiale et accusant un déversement du pli, d'abord au NE, puis après une torsion d'environ 90°, au SE;

2° Le synclinal de la colline liasique cotée 162;

3° L'anticlinal du fort des Pomets, qui apparaît sous les brèches quaternaires au nord des Quatre-Chemins et se manifeste, avec une direction SW-NE et un déversement au NO, par une bande d'Hettangien et localement de Rhétien, comprise entre deux bandes de Lias moyen et supérieur;

4° Le synclinal du Nest, parallèle à l'anticlinal précédent, avec noyau bathonien;

5° L'anticlinal du hameau des Pomets, orienté W-E, en forme de voûte à noyau rhétien, à l'ouest, bifurqué à l'est de Fontanier et faisant apparaître, dans l'axe des deux anticlinaux secondaires, le Trias supérieur, et même, dans le pli septentrional, le Trias moyen;

6° Une 1ère ligne de contact anormal, le long de laquelle l'Hettangien chevauche sur le Bathonien ou sur les dolomies néojurassiques en série normale [1];

7° L'anticlinal de Boudevigne, isoclinal et déversé au nord (étroite bande de Lias supérieur entre deux bandes de Bathonien, à l'ouest de la route du Revest; large affleurement de Lias, avec noyau hettangien et rhétien, à l'est de cette route, au sud du barrage);

8° Une 2me ligne de contact anormal, orientée W-E et le long de laquelle l'un des deux termes du Bathonien ou les dolomies néojurassiques chevauche sur l'Urgonien renversé ou sur l'Aptien du bord méridional du bassin de Beausset.

En amont des Pomets, la route du Broussan s'élève en lacets sur le versant nord d'un vallon et traverse deux lambeaux, constitués par des couches triasiques, rhétiennes et hettangiennes, qui se présentent dans des conditions tout à fait particulières. Marcel Bertrand les avait envisagés comme des lambeaux de recouvrement et ils paraissent, en effet, être sans

---

[1] Tous ces accidents sont coupés à l'est et déviés par un décrochement dirigé N-S, qui prend fin à la Salvatte et n'affecte plus les accidents suivants.

racines en profondeur. Leur soubassement apparaît dans l'intervalle qui les sépare. C'est du Bathonien renversé, limité au sud par la première ligne de contact anormal (6) et s'appuyant au nord sur une dalle de Dolomies qui recouvre l'Urgonien renversé et en est séparé par la deuxième surface de chevauchement (8). Les deux lambeaux ont une structure nettement anticlinale et occupent, par rapport aux deux lignes de contact anormal (6 et 8) exactement la même situation que l'anticlinal de Boudevigne (7). Ils sont sectionnés à la base par une surface de chevauchement qui rencontre la surface n° 6 sous un angle très aigu, de sorte que les deux lambeaux se terminent en profondeur par un angle dièdre. Il existe d'ailleurs, au nord du col du Corps de Garde, un lambeau beaucoup plus étendu, constitué par les divers termes du Lias, qui occupe une situation tout à fait analogue, mais est manifestement enraciné. Je signalerai encore, dans la dépression du Broussan, une complication de même ordre. C'est une lame constituée par une série renversée, allant du Trias moyen au Lias moyen. Elle s'enfonce, au sud, sous l'Aptien ou l'Urgonien de la dalle du Croupatier et chevauche, au nord, sur l'Aptien renversé du bord méridional du bassin de Beausset. C'est sans doute le flanc inverse d'un grand pli déversé au nord, dont le flanc normal est constitué par la série du col du Corps de Garde.

Dans la dépression qui sépare le Faron du mont Combe et du Coudon, on observe également quelques dislocations, mais elles sont d'un ordre plus simple que celles de la dépression de Dardenne, avec lesquelles il est d'ailleurs difficile de les raccorder.

En résumé, les terrains triasiques, liasiques et jurassiques qui constituent la zone comprise entre le soubassement tranquille du Faron, au sud, et le bord méridional du bassin du Beausset, au nord, ont subi des plissements extrêmement énergiques, avec déversements au SE, ou plus fréquemment au N, et étirements dans le plan axial ou dans le flanc inverse des plis. Ces dislocations présentent le contraste le plus frappant avec l'allure tranquille de l'Urgonien, du Croupatier, du Faron et du mont Combe. L'Urgonien, grâce à son épaisseur et à son homogénéité, s'est comporté comme une masse relativement rigide, tandis que son substratum a été énergiquement plissé. Entre les deux séries il s'est produit un décollement, avec étirement fréquent des Calcaires Blancs et de l'Hauterivien. Les montagnes au nord de Toulon méritent de devenir un exemple classique de *plissements dysharmoniques*.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les croisières océanographiques actuellement en cours.* Note de M. L. Joubin.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un aperçu sommaire des travaux océanographiques dont l'exécution est commencée et qui vont se poursuivre pendant tout l'été.

Ces travaux sont entrepris pour réaliser la part qui incombe à la France dans les conventions scientifiques internationales relatives à l'étude des mers, tant au point de vue de la science pure que de ses diverses applications. C'est à l'Office scientifique et technique des pêches qu'ont été affectés les crédits nécessaires à ces recherches et le soin de les exécuter.

Les croisières s'effectuent simultanément dans l'Atlantique et dans la Méditerranée, en liaison avec celles des autres puissances qui ont adhéré à ces conventions.

Conformément au programme de la Commission internationale pour l'étude de la mer, dont le siège est à Copenhague, nous avons entrepris toute une série de recherches très importantes dans l'Atlantique.

Le Ministère de la Marine s'est chargé d'exécuter chaque mois une sortie de trois jours de la canonnière *La Conquérante*, au large d'Ouessant. Il s'agit d'effectuer là, sur des points soigneusement repérés dans une aire nettement délimitée, des études sur la température et la salinité de ses eaux. Cette région est celle où le Gulf-Stream, venant de l'Océan, se divise en trois branches dont l'une monte vers le Nord, l'autre entre dans la Manche, la troisième s'infléchit vers le golfe de Gascogne. La connaissance des variations saisonnières de la température et de la chloruration de ses eaux a une importance considérable pour la pêche; on pourra en tirer aussi d'intéressants renseignements climatologiques. Deux sorties de *La Conquérante*, sous la direction de délégués de l'Office scientifique des pêches, ont été effectuées, les autres suivront mensuellement.

Nous espérons obtenir ainsi, à la longue, une série de cartes précises du régime des eaux du Gulf-Stream dans cette région; elles nous permettront d'en tirer plus tard des conclusions utiles.

Dans le but d'exécuter la part française du programme de Copenhague, l'Office des pêches emploie un navire à vapeur *La Tanche*, jaugeant 450^{tx}. C'est un chalutier transformé, aménagé pour nos recherches, mais qui ne nous permet pas de donner à nos croisières l'ampleur désirable. Sa machine

tient trop de place, use trop d'eau et de charbon, ce qui limite nos sorties à un maximum de 12 jours consécutifs. Ce type de machine nous a occasionné l'année dernière des ennuis sérieux et, au début de la première croisière de juillet, un nouvel accident a causé des retards. Nous ne pouvons, dans ces conditions, nous éloigner de la terre autant qu'il serait nécessaire. Nous nous trouvons ainsi en état d'infériorité sur les autres pays qui disposent de navires pouvant rester un mois au large. Nous souhaitons vivement que l'on nous fournisse la somme nécessaire au changement de machine. Quoi qu'il en soit, *La Tanche* peut faire, et a déjà fait de bon travail. Elle est commandée par le capitaine Rallier du Baty.

Une première série de sorties, commencée au début de juillet, a pour but d'étudier, à 400 milles au large de l'entrée de la Manche, les bancs de la Grande Sole, fréquentés par nos chalutiers. La connaissance exacte des fonds, leur relief, leur nature minéralogique, la faune qui s'y rencontre, la température et la chloruration des eaux, ont une importance pour la science pure et pour la pêche, surtout du merlu, qui fait l'objet d'un important commerce et dont nous cherchons à connaître les déplacements et les lieux de ponte.

La Tanche viendra, au début d'août, rejoindre La Rochelle et après une escale de quelques jours, employée à des recherches d'un ordre tout différent, elle repartira pour une tournée, le plus loin possible au large du golfe de Gascogne. Il s'agit de déterminer la route suivie par les bancs de thons, dans leur déplacement du Sud au Nord pendant l'été; ils partent de la pointe de l'Espagne au début de l'été et arrivent au mois d'octobre à mi-chemin entre l'Irlande et Ouessant où ils disparaissent. Nous désirons préciser la route qu'ils suivent, celle-ci étant très probablement déterminée par la température de l'eau, qui ne doit pas être inférieure à 16°. D'immenses bancs de Crustacés amphipodes, de couleur rouge (*Euthemisto bispinosus*) que les pêcheurs nomment improprement *crevette rouge*, se déplacent dans ces eaux tièdes; les thons s'en nourrissent, suivent leurs bancs, et la détermination des conditions d'existence de ces crustacés entraînera celle des variations de la route des thons. Ces poissons ne sont pas les seuls à se nourrir de ces crustacés rouges; il y a une quantité d'autres animaux qui font de même et le tout constitue un plancton d'une richesse considérable, qu'il est très intéressant de connaître.

J'ai acheté à Copenhague un grand filet destiné à la capture de ces animaux. J'aurais souhaité en avoir plusieurs, mais leur prix élevé m'a empêché de réaliser ce désir. Nous ferons des essais de conservation de ces

crustacés dans le sel afin de les broyer et de chercher à les utiliser pour remplacer la rogue dans la pêche à la sardine.

La *Tanche* remontera jusqu'au sud de l'Irlande en suivant les Thons, se ravitaillera à Cork et rentrera en octobre à Brest, en faisant, par une route différente, de nouveaux travaux sur les bancs au large de l'entrée de la Manche. Les deux naturalistes qui dirigent les travaux scientifiques sont MM. Heldt et Le Danois, tous les deux attachés à l'Office scientifique des pêches. Nous embarquons en outre quelques jeunes naturalistes qui viennent apprendre le maniement des instruments et se familiariser avec les travaux à la mer.

Un autre bateau, plus petit, *Le Pétrel*, a été mis à la disposition de l'Office par le service de la surveillance des pêches. Il exécutera en août et septembre des recherches non loin des côtes vendéennes et bretonnes, en vue d'étudier le plancton des lieux de pêches à la sardine, selon un programme très précis, biologique et hydrographique ; ce travail a été confié à M. Dollfus, attaché à l'Office des pêches, qui emmènera avec lui deux naturalistes.

M. le D[r] Charcot, commandant le *Pourquoi-Pas?* fait, pour le Ministère de la Marine, une croisière hydrographique entre Cherbourg et les Iles Hébrides ; il a bien voulu se charger d'exécuter, pour l'Office des pêches, un programme de recherches biologiques. A son retour, il entreprendra une seconde croisière à l'entrée de la Manche, qui complétera celles de la *Tanche* et du *Pétrel*.

J'ajoute que les trois navires ont reçu des instructions spéciales en vue de fournir aux géologues des renseignements aussi nombreux que possible sur la nature du sol. Ils nous ont demandé de leur faire des sondages permettant de rapporter des échantillons du fond en vue de continuer aussi loin que possible, sous la mer, les cartes géologiques terrestres. Ces documents sont excessivement rares dans la Manche, plus nombreux sur la côte Atlantique ; nous ferons de notre mieux, malgré un outillage peu approprié à ce genre de travaux, pour rapporter des échantillons des roches sous-marines.

Dans la Méditerranée, nous avons à exécuter la part revenant à la France du programme de travaux établi à Madrid en 1919.

J'ai confié à M. le Professeur Pruvôt, directeur du Laboratoire de Banyuls-sur-Mer, le soin de faire la croisière prévue en utilisant son navire, *L'Orvet*, de 200[tx] spécialement aménagé pour les travaux océanographiques.

La croisière a commencé le 28 juin, et, aux dernières nouvelles, venues

d'Ajaccio, M. Pruvòt avait exécuté, sans incident, la première partie de la croisière. Les travaux hydrographiques et biologiques, accomplis avec l'aide de deux naturalistes, ont jusqu'à présent donné de bons résultats. La seconde partie, de la Corse aux Baléares, puis de celles-ci à Banyuls, est en voie d'exécution. Après quelques jours de repos, M. le Professeur Pruvòt repartira pour la Tunisie en vue d'exécuter des recherches sur des fonds susceptibles de fournir un champ de travail à la pêche au chalut. Le gouvernement tunisien a mis à ma disposition un crédit important pour cette croisière, et je l'ai transféré à mon collègue, mieux outillé et plus apte que personne à mener à bien ce travail pratique, tout en continuant en même temps les travaux scientifiques à bord.

Je signale à l'Académie que le Ministre de la Marine a consenti à m'embarquer avec MM. Heldt et Le Danois sur le dirigeable de Rochefort, en vue d'exécuter quelques expériences que je demande depuis longtemps, sur la visibilité des bancs de poissons et la possibilité de les signaler aux pêcheurs par des lancements de bouées. Ceci est spécialement destiné à la reconnaissance des bancs de sardines et de thons, sur lesquels je possède déjà quelques précisions. Si les résultats sont favorables, ils faciliteraient considérablement la pêche de ces poissons planctoniques.

Je note, en terminant, que je rentre de Copenhague où, pour la première fois, des délégués français prenaient part aux délibérations de la Commission internationale pour l'étude de la mer. MM. Naud, Roule, Le Danois et moi, nous avons obtenu divers résultats intéressants, exposé nos programmes, combiné nos travaux à venir avec ceux de nos voisins. Il est à noter que nous avons fait adopter l'emploi de la langue française pour certaines publications.

J'ai tenu à montrer à l'Académie, dans ce rapide aperçu, que les océanographes français font de leur mieux pour remplir leurs engagements internationaux, et que s'ils ne font pas plus c'est que les moyens matériels dont ils disposent sont insuffisants. Divers pays sont mieux outillés que nous, notamment le Danemark.

J'espère qu'au retour des diverses croisières, je serai à même de donner connaissance à l'Académie de résultats importants pour la science de la mer et de ses applications.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches expérimentales sur l'autocolloïdoclasie a frigore.* Note de MM. F. **Widal**, P. **Abrami** et Ét. **Brissaud**.

L'étude de plusieurs malades atteints d'hémoglobinurie paroxystique *a frigore* nous a permis d'établir, il y a plusieurs années, que le refroidissement détermine chez ces sujets, en même temps qu'une crise d'hématolyse, un véritable choc colloïdoclasique, identique par sa symptomatologie et ses caractères vasculo-sanguins, à celui que réalise chez les organismes anaphylactisés, l'injection déchaînante d'antigène, ou chez les organismes neufs, l'injection parentérale massive de protéines hétérogènes.

C'est à ce propos que nous avons, dès cette époque, soutenu la théorie de la nature physique des chocs anaphylactiques et protéiques, et que nous avons établi cet autre fait, que l'on peut observer des chocs indifférenciables des précédents, sans l'intervention d'aucune substance étrangère à l'organisme, sous la seule influence de l'altération soudaine imprimée à l'équilibre physique des colloïdes du plasma. Nous avons fait voir, en effet, que le choc des hémoglobinuriques résulte de la brusque dislocation du complexe hémolytique par le froid ; cette dislocation suffit à produire des effets identiques à ceux de l'injection d'une albumine hétérogène en pleine circulation.

Nous nous étions demandés, à ce propos, si le choc provoqué chez les hémoglobinuriques par le froid représentait un cas isolé de pathologie humaine, ou si, au contraire, il ne fallait pas y voir seulement un exemple d'un phénomène général. Il était à prévoir que le froid produit dans l'équilibre humoral de nombreux sujets des modifications de même ordre, sinon aussi violentes, que celles qu'il détermine chez les hémoglobinuriques.

Nous avions dès cette époque, rapporté le résultat des expériences montrant que, chez les chiens, le froid est capable de produire un choc avec crise hémoclasique. Nous avons depuis étendu ces recherches expérimentales que nous allons exposer en détail.

Nous avons d'abord recherché s'il était possible, expérimentalement, de mettre cette action du froid en évidence chez des organismes normaux. Nous avons soumis des chiens à un refroidissement intense et étendu à une grande surface du corps, puis nous avons cherché si ce refroidissement provoquait des phénomènes immédiats de choc, analogues à ceux que l'on observe au cours des chocs anaphylactiques et protéiques, et que nous avions retrouvés chez nos hémoglobinuriques.

La signature de l'état de choc est, on le sait, l'existence d'une crise vasculo-sanguine très spéciale, caractérisée essentiellement par une hypotension artérielle considérable, une leucopénie accentuée avec inversion de la formule leucocytaire, la raréfaction des hématoblastes circulants, des troubles profonds de la coagulabilité sanguine. Cette crise, dont Schmidt Mulhein, Albertoni et Fano avaient autrefois décrit les principaux éléments dans le choc peptonique, et dont Ch. Richet, Arthus, Biedl et Kraus ont montré la constance dans le choc anaphylactique, nous l'avions retrouvée également au cours du choc à frigore des hémoglobinuriques. Elle est le témoin le plus fidèle et le plus précis de ce déséquilibre des colloïdes plasmatiques que l'on observe dans tout état de choc.

Nous avons donc recherché si cette crise si particulière, à laquelle nous avons donné le nom de *crise hémoclasique*, s'observait chez les animaux soumis au refroidissement. Sa constatation devait apporter la preuve que le froid est réellement capable de déterminer un choc, même chez des organismes normaux.

Nos expériences ont porté sur 17 chiens adultes. Ces animaux étaient à jeun depuis vingt-quatre heures; immédiatement avant le début de l'expérience, nous établissions la formule de leur équilibre vasculo-sanguin, en tenant compte de la coagulabilité du sang veineux pris à la veine jugulaire, de la leucocytose et de la formule leucocytaire. Dans certains cas, nous avons complété ces recherches par celle de l'indice réfractométrique du sérum, dont nous avons montré l'abaissement constant au cours des états de choc.

Les animaux étaient alors plongés dans une baignoire remplie d'eau refroidie à 2° ou 3°; la tête, le cou et les pattes antérieures seuls émergeaient. La durée du bain froid a été de 15 à 45 minutes. Au cours du refroidissement, et après sa cessation, nous recherchions de 10 en 10 minutes les divers éléments de la crise vasculo-sanguine, dans le sang de la veine jugulaire non immergée.

Les résultats de ces expériences ont été d'une netteté indiscutable. Chez tous les animaux éprouvés, le refroidissement a déterminé une crise hémoclasique manifeste, identique par ses caractères à celle que l'on observe dans tout état de choc. Cette crise apparaît en général au bout de 10 à 15 minutes; elle se prolonge pendant une demi-heure, parfois une heure; dans un cas où la durée de l'immersion à 2° avait été de 45 minutes, la crise hémoclasique ne prit fin qu'au bout de deux heures.

Voici, à titre d'exemple, le protocole d'une de ces expériences :

Chien de 10^{kg},100 *à jeun depuis* 24 *heures.*

		Leucocytes.	Formule. Polynucléaires.	Mononucléaires.	Coagulation.	Indice réfractométrique.
Avant l'immersion........		12,000	78	22	9 min	63
Immersion à 2°.	16.30... (h m)	»	»	»	»	»
	16.40...	12,000	»	»	6	64,2
	16.50...	8,000	60	40	3	57,4
	17......	5,000	»	»	1,5	56,9
	17.12...	5,000	32	68	2	56,7
	17.15...	»	»	»	»	»
....	17.20...	7,000	»	»	3,5	59,3
	17.45...	9,000	68	32	»	»
	18......	14,000	81	19	11	64,3

Comme on le voit, par la lecture de ce Tableau, le refroidissement provoque très rapidement une leucopénie accentuée, abaissant de 12000 à 5000 le chiffre des globules blancs; en même temps s'établit l'inversion de la formule leucocytaire, qui fait tomber de 78 à 32 pour 100 la portion des polynucléaires, et monter de 22 à 68 pour 100 celle des mononucléaires; l'indice réfractométrique du sérum s'abaisse, parallèlement, de 63 à 56,7; la coagulabilité du sang veineux s'exagère. Afin de nous assurer que ce dernier phénomène était bien réel, et que les chiffres fournis par l'observation du temps de coagulation du sang recueilli dans les tubes à expérience, traduisaient bien une hypercoagulabilité, nous avons chez quelques animaux étudié la coagulabilité sanguine par la technique plus précise du plasma salé dilué, telle qu'elle a été décrite par l'un de nous. Elle a fourni des résultats exactement superposables à ceux que donnait la simple recherche du temps de coagulation du sang total. Ainsi, chez le chien que nous avons pris pour exemple, le plasma salé avant le refroidissement ne commençait à coaguler que dans les dilutions de 1,25 pour 100. Après 30 minutes de refroidissement, au moment où la crise hémoclasique était à son maximum, le plasma salé coagulait dans la dilution à 1,9 pour 100; cette hypercoagulabilité ne disparut qu'en même temps que le sang récupérait ses autres caractères normaux.

Le refroidissement suffit donc à créer, dans un organisme normal, un choc, de tout point comparable, à l'intensité près, au choc anaphylactique ou au choc protéique. Le Tableau de ce choc *a frigore* est identique à celui que réalise, chez le chien, l'injection intraveineuse d'une petite quantité de

substance protéique : même leucopénie, même inversion de la formule leucocytaire, même augmentation de la coagulabilité sanguine, même abaissement de l'indice réfractométrique du sérum.

Nos animaux n'ont présenté aucun autre symptôme que cette crise vasculo-sanguine; certains d'entre eux étaient pris de torpeur, phénomène explicable par l'action directe du froid, mais nous n'avons noté ni dyspnée, ni troubles convulsifs ou digestifs imputables au choc. Le refroidissement provoque uniquement le bouleversement sanguin qui caractérise la crise hémoclasique; il s'agit donc d'un choc atténué, tel que le réalisent les injections parentérales de faibles doses d'albumines hétérogènes, en particulier de peptone, tel également que l'on observe chez les hémoglobinuriques, à la suite d'un refroidissement peu intense ou de courte durée. En faisant varier, en effet, chez ces hémoglobinuriques, la durée du refroidissement, on réalise, ainsi que nous l'avons montré, toute une série de chocs plus ou moins intenses; si l'exposition prolongée à basse température produit à la fois une crise hémoclasique très marquée, des phénomènes cliniques de choc, tels qu'accès fébriles, dyspnée, arthralgies, nausées, œdèmes et urticaire, et enfin une crise d'hémoglobinurie, par contre, l'action passagère du froid ne détermine plus ni hémoglobinurie, ni phénomènes de choc, et seule une crise hémoclasique latente atteste le bouleversement que le froid fait subir encore, dans ces conditions, à l'équilibre colloïdal du plasma sanguin.

Les chocs colloïdoclasiques provoqués par les injections parentérales de substances hétérogènes présentent un autre caractère que l'on retrouve constamment, quelle que soit la substance utilisée : ils laissent, pour un temps, l'organisme à l'abri d'un choc nouveau : en un mot, ils produisent une sorte d'immunité temporaire. La durée de cette immunité est variable; elle n'excède pas, en général, quelques heures. Il était donc intéressant de rechercher si le choc provoqué par le froid offrait également ce caractère, et si les animaux qui venaient de subir l'effet colloïdoclatique du refroidissement en étaient préservés pour quelque temps. L'expérience, effectuée sur six chiens, a montré qu'il en était effectivement ainsi; elle a établi, en outre, que l'état d'immunité ne se prolongeait pas au delà de trois heures. Ces six chiens furent soumis tout d'abord au refroidissement, dans l'eau à 5°, pendant une demi-heure; ils présentèrent une crise hémoclasique des plus nettes. Ils furent alors, après des temps variables, refroidis de nouveau dans les mêmes conditions : l'un, une heure après sa sortie du premier bain, le second une heure et demie, le troisième deux heures, le quatrième

deux heures et demie, le cinquième et le sixième, trois heures après. Chez les trois premiers animaux, l'immunité produite par le premier choc fut complète : le second bain ne produisit aucune modification de l'équilibre vasculo-sanguin. Chez le quatrième chien, refroidi de nouveau après deux heures et demie, le second bain provoqua seulement une crise hémoclassique ébauchée : la leucocytose, qui était de 12,400, fléchit à 9,800 au bout d'un quart d'heure pour se relever à 13,000 quinze minutes après et se maintenir dès lors autour de ce chiffre. Chez les deux derniers animaux, refroidis trois heures après la fin du premier bain, l'immunité avait cessé; ils présentèrent un choc aussi net que s'ils avaient été soumis au froid pour la première fois.

Ces résultats, qui confirment l'identité du choc *a frigore* et des chocs produits par inoculation parentérale de substances hétérogènes, nous ont engagés à effectuer une dernière série d'expériences. Nous avons recherché si les animaux qui venaient de subir le choc *a frigore* présentaient l'immunité temporaire non seulement à l'égard d'un nouveau refroidissement, mais encore à l'égard d'un choc provoqué par une tout autre cause, le choc peptonique. Peu de temps après la fin du premier bain, et alors que l'équilibre vasculo-sanguin venait de se rétablir, nous avons donc soumis des chiens à l'injection intraveineuse d'une dose de peptone qui, chez les témoins non refroidis, produisait à coup sûr l'incoagulabilité sanguine. L'expérience, effectuée sur sept chiens, a fourni les résultats suivants. Trois fois, il n'y eut aucune immunité peptonique et l'injection de peptone produisit ses effets habituels, comme sur des chiens normaux. Quatre fois, par contre, l'immunité fut indiscutable.

Chez l'un des animaux, l'injection intraveineuse de 3^{cg} de peptone par kilogramme ne provoqua qu'un allongement insignifiant du temps de coagulation : 10 minutes au lieu de 6 minutes. Cette hypocoagulabilité fut de courte durée; recherchée 20 minutes après l'injection de peptone, elle avait déjà disparu. Chez trois autres chiens, l'injection de 4^{cg} de peptone par kilogramme qui, chez les témoins, rendait le sang totalement incoagulable pendant plus de 8 heures, ne produisit qu'une hypocoagulabilité partielle et temporaire. Le sang se coagula avec un retard de 12 minutes dans le premier cas, de 28 minutes dans le second, de 21 minutes dans le troisième, les caillots formés étaient complets et adhérents.

L'ensemble des résultats qui précèdent nous paraît concluant. L'exposition à un refroidissemeut étendu et intense suffit à provoquer, dans l'organisme normal, un choc de tout point comparable à ceux que déterminent

les injections parentérales de protéines hétérogènes; comme eux, il s'accompagne de la crise hémoclasique caractéristique; comme eux, il est suivi d'un état d'immunité temporaire, qui se manifeste non seulement à l'égard de la cause provocatrice elle-même, le froid, mais à l'égard d'une cause aussi différente qu'une injection intraveineuse de peptone. C'est là la démonstration expérimentale de cette conclusion à laquelle nous avait conduit l'étude de l'hémoglobinurie paroxystique, à savoir que les phénomènes de choc, que l'on n'avait observés jusqu'alors qu'à la suite des injections parentérales de protéines hétérogènes et qui semblaient traduire l'action d'une *toxicité* propre aux substances albuminoïdiques, relèvent en réalité d'un processus tout différent, puisqu'ils peuvent apparaître, en dehors de toute intervention de substance étrangère à l'organisme, sous la seule influence des modifications qu'un facteur physique, comme le froid, imprime à la constitution de nos humeurs. Ce processus, que nous avons appelé la *colloïdoclasie*, peut donc s'observer dans deux conditions différentes; à côté de l'*hétérocolloïdoclasie*, dans laquelle la rupture de l'équilibre colloïdal plasmatique est produite par la pénétration dans l'organisme de substances étrangères à sa constitution, il y a, comme nous l'avons déja dit ailleurs, une *autocolloïdoclasie*, résultant du simple déséquilibre de notre milieu intérieur colloïdal. Le choc *a frigore* est un exemple typique de cette autocolloïdoclasie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dédoublement catalytique de l'alcool allylique; action spéciale de divers oxydes.* Note [1] de MM. **Paul Sabatier** et **Bonasuke Kubota.**

Dans une Communication récente [2], nous avons défini dans quelles conditions générales se produit le dédoublement de l'alcool allylique par la chaleur en présence d'oxydes catalyseurs. Nous allons indiquer, dans la présente Note, les résultats obtenus spécialement avec chacun des oxydes étudiés.

Oxyde bleu de tungstène. — L'oxyde employé provenait de la réduction par l'hydrogène à 350° de l'anhydride tungstique, obtenu lui-même en précipitant le tungstate d'ammoniaque par l'acide nitrique, et déshydratant au-dessous de 400° le précipité bien lavé.

(1) Séance du 18 juillet 1921.

(2) P. Sabatier et B. Kubota, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 17.

C'est le plus actif de tous les catalyseurs essayés. Il fournit à 350° un dégagement rapide et très régulier de gaz, de composition peu variable.

L'analyse de l'un d'eux a fourni pour 100^{vol} :

	vol.
Propène	73,5
Éthylène	10
Anhydride carbonique	3
Oxyde de carbone	13,5

La densité mesurée par la vitesse de diffusion à travers un trou en mince paroi dans l'appareil de Bunsen, comparativement avec l'air, a été trouvée égale à 1,34. La densité calculée d'après la composition indiquée est 1,35.

Le volume d'eau condensée est double de celui du liquide surnageant. Celui-ci, qui est jaune d'or, passe à la distillation presque tout entier de 50° à 100° en un liquide incolore très irritant, formé d'alcool allylique, d'eau, d'acroléine et d'aldéhyde propylique.

Il passe, de 100° jusque vers 250°, un petit volume de liquide jaune verdâtre, qui laisse une faible queue brune : tous ces liquides possèdent une intense réaction aldéhydique, en même temps que l'essai au brome y révèle le caractère incomplet.

On retrouve sur le catalyseur une dose importante de noir de fumée très léger, corrélatif de la production d'hydrogène qui a changé en propène l'allène libéré par la réaction prépondérante de déshydratation. Il en résulte une diminution progressive très sensible de l'activité du catalyseur.

La petite proportion de produits liquides supérieurs montre que les réactions de crotonisation ont été très peu importantes.

Alumine. — Nous avons employé une alumine préparée en précipitant par l'ammoniaque le nitrate d'aluminium et desséchant à 400° le précipité bien lavé.

Le dédoublement de l'alcool allylique est très actif à 350° et donne un dégagement régulier de gaz très éclairants. L'analyse a fourni pour l'un d'eux, dans 100^{vol} :

	vol.
Propène	62
Éthylène	2
Anhydride carbonique	7

le reste étant de l'oxyde de carbone avec un peu d'hydrogène.

Les liquides condensés forment 2 couches inégales superposées. La plus abondante (à peu près les $\frac{3}{5}$ du volume total) est vert foncé et surnage une dissolution aqueuse incolore. Soumise au fractionnement, elle fournit au-

dessous de 100° environ le $\frac{1}{7}$ de son volume (alcool allylique, eau, acroléine, propanal). Près de $\frac{3}{7}$ passent de 100° à 200°, liquide jaune contenant des aldéhydes incomplètes et des hydrocarbures, parmi lesquels nous avons caractérisé le mésitylène ([1]).

Le reste, soit un peu plus des $\frac{3}{7}$, distille de 200° à 260° en liquides verts de constitution analogue.

Le catalyseur n'est pas recouvert de noir de fumée; mais il a pris une teinte jaunâtre, et sa dissolution dans les acides laisse un résidu brun organique qui paraît analogue au *disacryle*.

La réaction de déshydratation qui conduit au propène [réaction (4)] est accompagnée de la réaction d'isomérisation (2), et en outre, les aldéhydes formées subissent d'une manière très intense les crotonisations qui fournissent la majeure partie des liquides condensés.

Thorine. — La thorine a été préparée à partir du nitrate de thorium commercial par précipitation à l'état d'oxalate et calcination de ce dernier à température peu élevée.

Son activité catalytique à 350° s'est montrée plus faible que celle de l'alumine et de l'oxyde bleu de tungstène : elle est accrue par l'élévation de température.

L'analyse d'un gaz dégagé a fourni pour 100^{vol} :

Propène	28^{vol}
Éthylène	11
Anhydride carbonique	11,5

Le reste étant de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène. Dans certains essais, la proportion d'anhydride carbonique a dépassé le tiers du volume total, cette formation correspondant à des doses importantes de charbon léger déposé sur l'oxyde.

On condense, au-dessus de la couche aqueuse incolore, un volume au moins triple d'un liquide jaune brun, qui donne au fractionnement des volumes à peu près égaux de 50° à 100°, de 100° à 150°, de 150° à 200° et de 200° à 300°, les caractères de ces fractions étant semblables à ceux des fractions correspondantes fournies par l'alumine.

La déshydratation fondamentale en propène [réaction (4)] est moins importante qu'avec l'alumine et surtout qu'avec l'oxyde de tungstène : les actions de crotonisation sont plus puissantes qu'avec ce dernier.

([1]) P. Sabatier et Kubota, *loc. cit.*, p. 21.

Zircone. — Nous avons employé une zircone préparée en précipitant le nitrate de zirconium par l'ammoniaque et desséchant l'hydrate au-dessous de 400°.

Son action sur l'alcool allylique à 350° fournit un dégagement régulier de gaz éclairants. Ils sont riches en hydrogène, et la proportion des carbures éthyléniques, absorbables par le brome, n'y dépasse pas 15 pour 100.

La proportion d'anhydride carbonique qui y remplace l'oxyde de carbone augmente avec la fatigue du catalyseur : dans un essai, elle a passé de 14 à 27 pour 100.

Au début de la catalyse, on condense au-dessus de l'eau chargée d'acroléine et d'aldéhyde propylique, un liquide bleu violacé, qui ne tarde pas à devenir vert par l'afflux de liquides jaunes.

Finalement, on recueille, au-dessus de la couche aqueuse, un volume à peu près double de liquide vert foncé, de constitution tout à fait comparable à celui que donne l'alumine.

La réaction (4) de déshydratation en propène est peu importante; mais il y a la réaction d'isomérisation (2), et l'action déshydratante de la zircone s'exerce surtout pour procurer la crotonisation des aldéhydes fournies par les réactions (1) et (2), et partiellement détruites avec dépôt de matières charbonneuses.

Oxyde uraneux. — Cet oxyde a été préparé en réduisant à 350° par les vapeurs d'alcool l'oxyde uranique jaune orangé qui provient de la calcination au bain de sable du nitrate d'uranyle.

Son action à 350° sur l'alcool allylique est assez semblable à celle de l'oxyde de tungstène, mais avec une activité beaucoup moindre.

Le gaz dégagé dans un essai contenait pour 100^{vol} :

	vol
Propène	75
Ethylène	3
Anhydride carbonique	12
Oxyde de carbone	10

La densité mesurée par diffusion avec l'appareil de Bunsen a été trouvée égale à 1,45. La densité calculée d'après la composition du gaz était 1,43.

On ne condense que très peu d'eau au-dessous d'un liquide jaune, qui passe presque tout entier à la distillation au-dessous de 100°, et qui, à côté de beaucoup d'alcool allylique non modifié, contient de l'eau, de l'acroléine et de l'aldéhyde propylique avec de très faibles doses de produits de crotonisation. Parfois le liquide est homogène sans séparation de couche aqueuse, l'alcool demeuré intact dissolvant la totalité de l'eau produite.

La réaction prépondérante a été la déshydratation en propène.

Oxyde manganeux. — Cet oxyde a été obtenu dans le tube à catalyses lui-même, en réduisant, par l'hydrogène au-dessous de 400°, l'hydrate manganeux précipité plus ou moins peroxydé. C'est une poudre vert pâle. Il ne détermine, à 350°, qu'un dédoublement assez lent de l'alcool allylique, qui correspond surtout à la déshydrogénation en acroléine [réaction (1)] sans utilisation de l'hydrogène dégagé. L'acroléine engendrée est partiellement détruite en éthylène et oxyde de carbone qui subsiste, ou est changé en anhydride carbonique. Dans les gaz dégagés, la proportion d'hydrogène surpasse la moitié; celle des carbures éthyléniques ne dépasse pas 35 pour 100.

On recueille un liquide homogène brun clair, sans séparation de couche aqueuse : c'est de l'alcool allylique non transformé, tenant en dissolution de l'acroléine et de l'eau avec une petite dose de produits aldéhydiques jaunes distillant au-dessus de 100°, provenant, comme l'eau, de la crotonisation de l'acroléine.

Ainsi que permettait de le prévoir son action sur les alcools forméniques primaires [1], l'oxyde manganeux s'est montré très peu propre à catalyser les actions de déshydratation.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats à la place de Membre titulaire vacante au Bureau des Longitudes, par le décès de M. *Renaud*.

Pour la première ligne, M. Favé réunit l'unanimité de 34 suffrages.

Pour la seconde ligne, M. l'amiral Perrin réunit l'unanimité de 29 suffages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne. . . . . M. **Louis Favé**
En seconde ligne . . . . M. le vice-amiral **Édouard Perrin**

---

(1) P. Sabatier et Mailhe, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. 20, 1910, p. 315.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Hygiène, de l'Assistance et de la Prévoyance sociales** invite l'Académie à lui indiquer les mesures de précautions à prendre en vue d'éviter les dangers du *radium* et des *rayons X*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Auguste Collard. *L'Astronomie et les Astronomes.*

2° *Research and Methods of Analysis of Iron and Steel at* Armco.

3° Fédération française des sociétés de sciences naturelles : Office central de faunistique. *Faune de France : 2. Oiseaux*, par P. Paris. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

4° Eugène Bloch. *Théorie cinétique des gaz.* (Présenté par M. P. Villard.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Formule de multiplication pour la fonction de Kummer*, $\Phi(\alpha, \gamma, x)$. Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Nous désignons par $\Phi(\alpha, \gamma, x)$ la série

$$1+\frac{\alpha}{\gamma}\frac{x}{1}+\frac{\alpha(\alpha+1)x^2}{\gamma(\gamma+1)2!}+\ldots,$$

étudiée primitivement par Kummer, puis par MM. Barnes et Whittaker. C'est, comme on le sait, un cas limite de la fonction hypergéométrique de Gauss. Nous nous proposons d'établir pour cette fonction une formule de multiplication.

Considérons l'une des séries hypergéométriques à n variables de Lauricella :

$$\begin{aligned} &F_D(\alpha; \beta_1, \ldots, \beta_n; \gamma; x_1, \ldots, x_n) \\ &\quad=\sum_{m_1}\sum_{m_2}\ldots\sum_{m_n}\frac{(\alpha, m_1+m_2+\ldots+m_n)(\beta_1, m_1)\ldots(\beta_n, m_n)}{(\gamma, m_1+m_2+\ldots+m_n)(1, m_1)\ldots(1, m_n)}x_1^{m_1}\ldots x_n^{m_n}, \end{aligned}$$

que l'on peut écrire sous forme d'intégrale définie étendue à un champ con-

venable :

$$F_D = \frac{\Gamma(\gamma)}{\Gamma(\beta_1)\ldots\Gamma(\beta_n)\Gamma(\gamma-\beta_1-\ldots-\beta_n)}$$
$$\times\int\int\ldots\int u_1^{\beta_1-1}\ldots u_n^{\beta_n-1}(1-u_1-\ldots-u_n)^{\gamma-\beta_1-\ldots-\beta_n}(1-u_1x_1-\ldots-u_nx_n)^{-\alpha}du_1\ldots du_n.$$

Écrivons à présent

$$\begin{aligned}(1-u_1x_1-\ldots-u_nx_n)^{-\alpha}\\ &=(-1)^\alpha[-1+u_1x_1+\ldots+u_nx_n]^{-\alpha}\\ &=[n-1-(1-u_1x_1)-\ldots-(1-u_nx_n)]^{-\alpha}(-1)^\alpha\\ &=(-1)^\alpha\sum_{m_1}\ldots\sum_{m_n}\frac{(\alpha,\ m_1+\ldots+m_n)}{(1,\ m_1)\ldots(1,\ m_n)}\,\frac{(1-u_1x_1)^{m_1}\ldots(1-u_nx_n)^{m_n}}{(n-1)^{\alpha+m_1+\ldots+m_n}}.\end{aligned}$$

En portant dans l'expression de F_D, et comparant avec la fonction

$$\begin{aligned}F_B(\alpha_1,\ \ldots,\ \alpha_n;\ \beta_1,\ \ldots,\ \beta_n;\ \gamma;\ x_1,\ \ldots,\ x_n)\\ =\sum\ldots\sum\frac{(\alpha_1,\ m_1)\ldots(\alpha_n,\ m_n)(\beta_1,\ m_1)\ldots(\beta_n,\ m_n)}{(\gamma,\ m_1+\ldots+m_n)(1,\ m_1)\ldots(1,\ m_n)}x_1^{m_1}\ldots x_n^{m_n},\end{aligned}$$

mise sous forme d'intégrale définie, on obtient la formule

$$\begin{aligned}F_D(\alpha;\ \beta_1,\ \ldots,\ \beta_n;\ \gamma;\ x_1,\ \ldots,\ x_n)\\ =(-1)^\alpha\sum\ldots\sum\frac{(\alpha,\ m_1+\ldots+m_n)}{(1,\ m_1)\ldots(1,\ m_n)(n-1)^{\alpha+m_1+\ldots+m_n}}\\ \times F_B(\beta_1,\ \ldots,\ \beta_n;\ -m_1,\ \ldots,\ m_n;\ \gamma;\ x_1,\ \ldots,\ x_n).\end{aligned}$$

Ceci posé, divisons x_i par β_i et faisons tendre tous les β vers l'infini. Le premier membre devient

$$\sum\ldots\sum\frac{(\alpha,\ m_1+\ldots+m_n)}{(\gamma,\ m_1+\ldots+m_n)}\,\frac{x_1^{m_1}\ldots x_n^{m_n}}{(1,\ m_1)\ldots(1,\ m_n)},$$

ce qui n'est autre chose que

$$\Phi(\alpha;\ \gamma;\ x_1+\ldots+x_n).$$

La fonction F_B du second membre devient

$$\sum_{\mu_1}\ldots\sum_{\mu_n}\frac{(-m_1,\ \mu_1)\ldots(-m_n,\ \mu_n)}{(\gamma,\ \mu_1+\ldots+\mu_n)}\,\frac{x_1^{\mu_1}\ldots x_n^{\mu_n}}{(1,\ \mu_1)\ldots(1,\ \mu_n)},$$

fonction qui, on le voit, s'obtiendrait aussi à partir de F_D où l'on ferait $\beta_i=-m_i$, et où, après division de x_i par α, on laisserait α croître indéfiniment. Désignons pour simplifier cette fonction par $\Phi_D(x_1,\ \ldots,\ x_n)$.

Faisons à présent tous les x_i égaux à x. Le premier membre devient

$\Phi(\alpha, \gamma, nx)$; quant à la fonction Φ_D, on trouve aisément sa valeur limite. En effet, la formule connue

$$F_D(\alpha, \beta_1, \ldots, \beta_n, \gamma, x, \ldots, x) = F(\alpha, \beta_1 + \ldots + \beta_n, \gamma, x)$$

montre que la fonction Φ_D considérée devient

$$\Phi(-m_1 - \ldots - m_n, \gamma, x);$$

d'où la formule

$$\Phi(\alpha, \gamma, nx) = (-1)^\alpha \sum_{m_1} \cdots \sum_{m_n} \frac{(\alpha, m_1 + \ldots + m_n)}{(1, m_1) \ldots (1, m_n)} \frac{\Phi(-m_1 - \ldots - m_n, \gamma, x)}{(n-1)^{\alpha + m_1 + \ldots + m_n}}$$

qui est une formule de multiplication pour la fonction Φ. On en tirerait une formule analogue pour la fonction $W_{k,m}$ de M. Whittaker, et pour tous les polynomes qui sont des cas particuliers de Φ : polynomes de Sonine, d'Hermite, de Laguerre, d'Abel, etc. Dans le cas où la fonction Φ considérée est un polynome, α étant un entier négatif, la série du second membre est limitée, et la fonction $\Phi(-m_1 - \ldots - m_n, \gamma, x)$ est un polynome du même type. La formule de duplication de la fonction de Kummer s'obtient pour $n = 2$:

$$\Phi(\alpha, \gamma, 2x) = (-1)^\alpha \sum_{m} \cdots \sum_{n} \frac{(\alpha, m+n)}{m!\, n!} \Phi(-m-n, \gamma, x).$$

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes triples orthogonaux.* Note de M. S. Carrus, présentée par M. G. Kœnigs.

Comme application de la méthode indiquée dans notre dernière Note, nous traiterons d'abord le cas où l'une des coordonnées y est fonction séparée des trois paramètres, ensuite le cas où l'une des coordonnées est indépendante d'un des paramètres.

I. Sans diminuer la généralité, on peut supposer

$$y = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3.$$

Les fonctions y, λ, μ, ν [Note précédente ([1])] satisfont aux équations des systèmes (1), (2)

$$(1) \qquad (\mu - \lambda) y_{12} = \lambda_2 y_1 - \mu_1 y_2,$$

$$(2) \qquad A\lambda_1 = B\mu_1 + C\nu_1$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 69.

avec

$$\Lambda = (\nu - \mu)(1 + \mu\nu).$$

Ici le système (1) se réduit à

$$\lambda_2 = \mu_1, \qquad \mu_3 = \nu_2, \qquad \nu_1 = \lambda_3,$$

λ, μ, ν sont donc les dérivées partielles d'une même fonction $\varphi(\rho_1, \rho_2, \rho_3)$. Le système (2) devient alors

$$(2) \qquad \begin{cases} A\varphi_{11} = B\varphi_{21} + C\varphi_{31}, \\ B\varphi_{22} = C\varphi_{32} + A\varphi_{12}, \\ C\varphi_{33} = A\varphi_{13} + B\varphi_{23} \end{cases}$$

avec

$$A = (\varphi_3 - \varphi_2)(1 + \varphi_3\varphi_2), \qquad B = (\varphi_1 - \varphi_3)(1 + \varphi_1\varphi_3), \qquad C = (\varphi_2 - \varphi_1)(1 + \varphi_1\varphi_2).$$

Ce sont trois équations du second ordre auxquelles satisfait la seule fonction $\varphi(\rho_1, \rho_2, \rho_3)$.

Cherchons les conditions de compatibilité et la solution.

Les équations (2) sont disposées de telle sorte qu'on peut en déduire trois valeurs de φ_{123}, au moyen des dérivées φ_{32}, φ_{13}, φ_{21}. En égalant ces trois valeurs deux à deux, on ne trouve que la seule condition

$$(3) \qquad \frac{\varphi_3 - \varphi_2}{\varphi_{32}} + \frac{\varphi_1 - \varphi_3}{\varphi_{13}} + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\varphi_{21}} = 0,$$

et l'une des équations qui donne φ_{123} peut s'écrire alors

$$\frac{\varphi_{123}}{\varphi_{23}} = \frac{\varphi_{13} - \varphi_{12}}{\varphi_3 - \varphi_2}.$$

Elle peut donc s'intégrer et donne

$$\varphi_{32} = (\varphi_3 - \varphi_2)\,L(\rho_2, \rho_3).$$

De même

$$\varphi_{13} = (\varphi_1 - \varphi_3)\,M(\rho_3, \rho_1),$$
$$\varphi_{21} = (\varphi_2 - \varphi_1)\,N(\rho_1, \rho_2).$$

L'égalité (3) devient

$$(3') \qquad \frac{1}{L} + \frac{1}{M} + \frac{1}{N} = 0,$$

ce qui donne pour L, M, N les expressions générales

$$\frac{1}{L} = \gamma - \beta, \qquad \frac{1}{M} = \alpha - \gamma, \qquad \frac{1}{N} = \beta - \alpha,$$

α, β, γ étant des fonctions de ρ_1, de ρ_2, de ρ_3 respectivement.

On a donc le nouveau système (4)

$$(4)\qquad \begin{cases} (\gamma-\beta)\varphi_{32}=\varphi_3-\varphi_2, \\ (\alpha-\gamma)\varphi_{13}=\varphi_1-\varphi_3, \\ (\beta-\alpha)\varphi_{21}=\varphi_2-\varphi_1. \end{cases}$$

Les systèmes (2), (4) donnent donc toutes les dérivées secondes de φ au moyen des dérivées premières.

En égalant les dérivées φ_{iij}, on obtiendra les seules nouvelles conditions

$$\alpha'=\beta'=\gamma'=-2.$$

Les deux systèmes de trois équations

$$(4')\qquad 2(\rho_2-\rho_3)\varphi_{23}=\varphi_3-\varphi_2,$$

$$(2', 4')\qquad (\varphi_3-\varphi_2)(1+\varphi_3\varphi_2)\varphi_{11}=(\varphi_1-\varphi_3)(1+\varphi_1\varphi_3)\varphi_{21}+(\varphi_2-\varphi_1)(1+\varphi_2\varphi_1)\varphi_{31}$$

donnant toutes les dérivées secondes de la fonction φ au moyen des dérivées premières sont donc entièrement compatibles. La solution générale dépend de quatre constantes arbitraires.

Résultats. — En désignant par φ une solution de ce système, on a

$$x=\varphi(\rho_1, \rho_2, \rho_3), \qquad y=\rho_1+\rho_2+\rho_3.$$

La troisième coordonnée z est donnée par les équations compatibles

$$x_i x_j+1+z_i z_j=0.$$

Exemple. — La fonction

$$x=\sqrt{\rho_1\rho_2\rho_3}$$

est solution des systèmes (2′), (4′). On en déduit

$$z=-\sqrt{(4+\rho_1)(4+\rho_2)(4+\rho_3)}.$$

Les trois familles du système triple orthogonal peuvent être représentées par l'équation

$$4\rho^3-4y\rho^2-\rho(x^2+z^2+16y+64)-4x^2=0.$$

Elles s'obtiennent en égalant à des constantes les trois racines de cette équation. Elles se composent toutes trois de paraboloïdes.

Plus généralement les deux systèmes de trois équations

$$(4'')\qquad \beta_1\gamma_1(\gamma-\beta)\varphi_{23}=\gamma_1\varphi_3-\beta_1\varphi_2,$$

$$(2'')\qquad (\gamma_1\varphi_3-\beta_1\varphi_2)(1+\gamma_1\beta_1\varphi_3\varphi_2)(\alpha_1\varphi_{11}+\alpha'_1\varphi_1)$$
$$=(\alpha_1\varphi_1-\gamma_1\varphi_3)(1+\alpha_1\gamma_1\varphi_1\varphi_3)\beta_1\varphi_{12}+(\beta_1\varphi_2-\alpha_1\varphi_1)(1+\beta_1\alpha_1\varphi_1\varphi_2)\gamma_1\varphi_{13}.$$

(les autres équations se déduisant par permutation circulaire des indices, de α, β, γ, de α_1, β_1, γ_1 et α, β, γ, d'une part, α_1, β_1, γ_1, d'autre part, étant des fonctions de ρ_1, de ρ_2 ou de ρ_3 liées par les relations

$$\alpha_1\alpha' = \beta_1\beta' = \gamma_1\gamma' = -2$$

sont entièrement compatibles. Elles conduisent au système triple

$$x = \varphi(\rho_1, \rho_2, \rho_3), \qquad y = -\frac{1}{2}(\alpha + \beta + \gamma),$$

z se déduisant des équations

$$x_i x_j + y_i y_j + z_i z_j = 0.$$

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une nouvelle propriété des corps faiblement conducteurs de l'électricité.* Note de M. **Lavoro Amaduzzi.**

M. G. Reboul a donné communication (¹) d'intéressantes observations qui selon lui révèlent une nouvelle propriété des corps faiblement conducteurs de l'électricité.

Au cours de certaines expériences il avait disposé dans la chambre noire une plaque photographique enveloppée de papier noir. Deux points de l'enveloppe ont été accidentellement en contact avec des conducteurs entre lesquels il y avait un différence de potentiel de 1000 volts; au développement la plaque s'est révélée fortement impressionnée.

Il a répété l'expérience dans de bonnes conditions : une plaque photographique est placée dans une boîte dont le couvercle laisse passer deux électrodes isolées à l'ébonite; sur la plaque est posée une feuille de papier noir (papier servant d'enveloppe aux plaques livrées par le commerce), sur cette dernière appuient deux électrodes présentant entre elles une différence de potentiel d'environ 1000 volts. Après une pose variant de 24 à 48 heures et après développement, on voit sur le cliché que les fibres du papier sont reproduites et que les lignes équipotentielles sont grossièrement dessinées.

En poursuivant cette étude, M. Reboul a trouvé que l'effet n'est pas dû à

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1052; t. 172, 1921, p. 210.

une simple action mécanique, ni à la seule présence de la feuille de papier ni à l'action d'un courant dérivé sur l'émulsion formant la couche sensible de la plaque, car il se produit encore quand il n'y a pas contact entre la plaque et la feuille de papier. Le passage du courant dans la feuille de papier est indispensable à la production de l'effet.

Puis, en cherchant les conditions que doit remplir un corps pour se comporter d'une manière analogue à celle de la feuille de papier noir, M. Reboul a été amené aux conclusions suivantes : pour que l'action sur la plaque se produise, il faut que le corps employé soit faiblement conducteur et qu'il soit hétérogène, ou présente des discontinuités superficielles.

Et en discutant deux hypothèses qui se présentent naturellement à l'esprit pour expliquer l'action produite sur la plaque, celle d'une action des gaz dégagés par une éventuelle électrolyse de l'eau ou des sels que contiennent les feuilles de papier ou les conducteurs employés, et celle d'une impression déterminée par des aigrettes ou des étincelles (analogues à celles du carreau étincelant), M. Reboul est porté à les rejeter. Il pense que tout se passe comme si les charges mises en jeu par le passage du courant provoquaient la formation, aux points où il y a discontinuité de résistance de chutes de potentiel, qui seraient suffisantes pour produire des décharges soit dans le corps, soit dans le milieu gazeux environnant. Les décharges seraient accompagnées d'un rayonnement de l'ultraviolet extérieur ou de rayons X très mous.

J'ai répété les expériences de M. Reboul en utilisant un dispositif qui élimine toute décharge de rupture entre la feuille de papier et les électrodes et en imprégnant la feuille de papier de différentes solutions salines. De cette manière j'ai pu noter quelques particularités nouvelles et constater que le passage du courant dans la feuille provoque une *force contre-électromotrice de polarisation* qui fait naturellement penser à un processus électrolytique préliminaire dans la manifestation du phénomène, processus qui pourtant peut n'être accompagné d'aucune action apte à impressionner la plaque, mais seulement d'une action préparatrice à la dernière phase constituée peut-être des décharges particulaires invoquées par M. Reboul.

Il m'a aussi semblé de quelque intérêt, pour bien expliquer le phénomène, de tenter de révéler une action éventuelle d'un champ magnétique sur sa manifestation. J'ai provoqué une pareille manifestation sur un système adapté de telle manière qu'il pouvait être placé entre les pôles d'un puissant électro-aimant dont le champ restait excité pendant la manifestation. L'expérience se poursuivait pendant 24 à 30 heures et les solutions

dont s'imbibaient les feuilles de papier noir avant séchage ont été celles de chlorure de nickel et d'oxychlorure d'antimoine. L'impression obtenue montre que le champ exerce une action déformatrice des lignes d'impression grossièrement réassimilables aux lignes équipotentielles. Et l'on dirait que la déformation correspond à une rotation dans le sens du courant magnétisant pour l'oxychlorure d'antimoine et dans le sens contraire pour le chlorure de nickel. Mais, en raison de la faible netteté du phénomène, je veux maintenant m'abstenir d'une pareille assertion qui rappellerait tout de suite, comme analogie, un fait bien connu.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le potentiel minimum de décharge électrique dans l'hydrogène aux basses pressions.* Note de M. **Emmanuel Dubois**, présentée par M. Villard.

Les études concernant le potentiel minimum de décharge sont délicates aux basses pressions. La plupart des auteurs ne se sont pas placés suffisamment à l'abri des impuretés pouvant provenir, soit de la fabrication du gaz mis en œuvre, soit des gaz étrangers occlus dans les électrodes.

Nous nous sommes proposé d'étudier le potentiel minimum de décharge entre un fil et un cylindre de même axe, en évitant soigneusement les critiques ci-dessus énoncées. Nous avons essayé de construire les courbes $V(-) = f(p)$ et $V(+) = \varphi(p)$ donnant, en fonction de la pression p du gaz mis en œuvre, qui est de l'hydrogène pur, le potentiel minimum de décharge lorsque le fil est respectivement négatif ou positif.

Mais des irrégularités systématiques et considérables se sont montrées entre plusieurs séries de mesures consécutives.

En voici la cause : plaçons-nous à une pression déterminée et faisons débiter de l'électricité par le tube à décharges.

Si nous mesurons ensuite $V(-)$ et $V(+)$, nous trouvons des valeurs beaucoup plus élevées que les valeurs initiales, surtout pour $V(-)$. Balayons l'hydrogène de l'expérience précédente par de l'hydrogène neuf : les potentiels conservent leur valeur élevée. La modification du système n'est donc pas une transformation chimique du gaz baignant les électrodes. Ce sont les électrodes qui sont modifiées : sous l'action de la décharge, l'hydrogène les pénètre; ce gaz, une fois introduit dans les électrodes, provoque l'élévation des potentiels objets de nos investigations. Pour le prouver, il suffit de chauffer le fil au rouge sombre dans le vide pendant

quelques minutes, puis de refaire une mesure à la pression primitive : on retombe sur les potentiels trouvés antérieurement au passage du courant.

Donnons un exemple : le fil est en platine, son diamètre de $0^{mm},3$; le cylindre est en nickel, son diamètre intérieur de 20^{mm}. La série de mesures est faite à une pression de $1^{mm},86$. Les potentiels initiaux sont : $V(-) = 260$, $V(+) = 365$ volts.

1° Après le passage d'un courant de 1 milliampère pendant 10 minutes, le fil étant cathode, ils deviennent respectivement 354 et 372 volts.

2° On fait alors le vide dans l'appareil pendant 30 minutes, tout en chauffant le fil au rouge; la mesure des potentiels après introduction de gaz neuf conduit à 262 et 365 volts, ce qui ne diffère pas sensiblement de la première mesure. Fait important, la modification subie par $V(-)$ est beaucoup plus grande que celle qui altère $V(+)$.

Après le passage de la décharge, une baisse de pression se manifeste dans le tube; cette baisse est en général petite et pourrait être attribuée à l'absorption du gaz par le verre de l'appareil; mais, dans le cas du palladium, elle ne laisse aucun doute, car elle est considérable. Par exemple, après 10 minutes d'une décharge de 1 milliampère, la pression était tombée de $1^{mm},86$ à $1^{mm},05$, et le gaz absorbé pouvait être en grande partie récupéré en chauffant le fil de palladium au rouge.

Nos expériences ont porté sur le platine, le palladium, le nickel, le cuivre et le fer; dans tous les cas examinés, l'augmentation de potentiel s'est montrée considérable pour $V(-)$ et très appréciable pour $V(+)$.

Cependant des expériences en cours, effectuées avec des fils de platine et de palladium, montrent que le phénomène n'est pas aussi simple que ne l'indiquerait notre hypothèse.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Potentiels critiques et spectres de bandes de l'azote.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Villard.

Nous avons indiqué précédemment [1] un dispositif permettant de déterminer directement par voie spectroscopique les potentiels de résonance ou d'émission des gaz. Le principe de la méthode consiste à photographier le spectre de la lumière émise sous l'effet des chocs électroniques par le gaz enfermé sous très faible pression dans une lampe de type spécial (type de la radiotélégraphie militaire française). La lampe comporte un filament de tungstène incandescent servant de cathode et une grille métallique jouant

(1) L. et E. Bloch, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1380.

le rôle d'anode. En accroissant graduellement la différence de potentiel entre la cathode et l'anode, on arrive à trouver le potentiel critique pour lequel les chocs des électrons contre les molécules sont suffisants pour faire apparaître sur les clichés des raies déterminées. C'est ainsi que le potentiel d'apparition du spectre de bandes positif de l'azote (second groupe de Deslandres) a été fixé au voisinage de 12 volts, c'est-à-dire bien au-dessous du potentiel d'ionisation (18 volts environ).

La méthode précédente a été légèrement perfectionnée par la substitution, aux lampes du type de la radiotélégraphie militaire, d'une ampoule de grandes dimensions (10^{cm} de diamètre), munie de deux rodages verticaux diamétralement opposés. Le rodage supérieur porte un bouchon de verre où sont mastiquées deux tiges servant à l'amenée et au départ du courant de chauffage et au bas desquelles se fixe le filament de tungstène; le rodage inférieur guide la tige qui porte l'anode, celle-ci est en général un disque de laiton, faisant face au filament à distance réglable. L'ampoule est munie de deux regards diamétralement opposés dans le plan horizontal; l'un est fermé par une lame de verre, l'autre par une lentille de fluorine, qui forme l'image approchée de la région centrale sur la fente d'un spectrographe en quartz.

On fait le vide dans l'ampoule au moyen d'une pompe à mercure de Gaede, et si, pendant que le filament est incandescent, la pompe continue à tourner très lentement, on peut maintenir dans l'appareil, malgré les fuites, une pression d'air réglable entre certaines limites. Nous avons utilisé en général une pression de 4 centièmes de millimètre de mercure. Aux pressions plus faibles, le spectre du mercure masque plus ou moins celui de l'azote; aux pressions trop fortes, le potentiel critique peut n'être plus très bien défini.

Nous avons vérifié d'abord qu'avec ce dispositif, on retrouve bien pour le potentiel d'excitation des bandes positives de l'azote le nombre obtenu précédemment (12 volts). En fait, sous un potentiel légèrement supérieur à 12 volts, les raies du second groupe positif de Deslandres font leur apparition sur les clichés, d'abord du côté où se forme l'image de l'anode, puis elles vont en s'allongeant du côté du filament.

Il nous a semblé important de rechercher si le *spectre de bandes négatif* de l'azote prend naissance dans les mêmes conditions que le *spectre positif*, ou si, au contraire, comme diverses observations spectroscopiques l'ont suggéré depuis longtemps, ces deux spectres ont des véhicules différents et correspondent à des dépenses d'énergie inégales.

Pour décider ce point, nous avons porté notre attention sur la bande ultraviolette 3914 U. A. qui est la plus intense du spectre négatif de l'azote (Deslandres, Hemsalech) et qui est encadrée à courte distance par les deux bandes positives 3942 et 3894.

Dans aucun des clichés que nous avons recueillis autrefois sous des

potentiels variant de 12 à 20 volts, la bande 3914 n'est visible. Aussi avons-nous cherché à l'obtenir en accroissant les potentiels accélérateurs appliqués aux électrons. Sous des potentiels de l'ordre de 30 volts, la bande 3914 apparaît régulièrement et avec une intensité bien supérieure à celle des bandes positives qui l'encadrent. Il en est de même sous 26 et 24 volts. Des essais méthodiques faits entre 20 et 24 volts nous ont persuadés que la bande 3914 apparaît brusquement pour un potentiel critique bien défini et que nous estimons peu différent de 21,5 volts. Cette valeur est corrigée de diverses causes d'erreur, mais nous ne pensons pas qu'elle comporte une précision plus grande que 0,5 volt.

Quoi qu'il en soit, ce résultat démontre que le spectre de bandes négatif de l'azote apparaît sous un potentiel très supérieur au potentiel d'excitation du spectre positif, et un peu supérieur au potentiel d'ionisation généralement admis pour ce gaz. Il paraît naturel d'attribuer le spectre de bandes positif de l'azote à la molécule neutre Az_2, le spectre de bandes négatif à la molécule chargée positivement Az_2^+.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la conductivité de la solution de citrate cupriammonique comparée à celle du sulfate de cuivre*. Note de MM. **F. Beaulard de Lenaizan** et **L. Maury**, présentée par M. Paul Janet.

Nous nous sommes proposé d'étudier pour diverses concentrations le degré d'ionisation du citrate de cuivre ammoniacal en solution aqueuse et de comparer les résultats expérimentaux à ceux que l'on obtient avec les solutions de sulfate de cuivre, aucune détermination n'ayant été faite avec le sel cupriammonique. Ce travail nous a été suggéré à l'occasion d'un débat qui intéresse la viticulture : il s'agit de la toxicité des sels de cuivre et de leur action sur le mildiou. On s'est demandé si cette toxicité n'était pas liée à l'état de l'ion cuivre considéré comme ion libre dans le sulfate et comme ion complexe dans le citrate. Sans entrer dans un débat qui échappe à notre compétence, nous nous sommes bornés à mesurer la résistivité des solutions aqueuses des deux sels par la méthode classique du pont de Wheatstone, monté avec téléphone et actionné par des courants alternatifs. Nous avons opéré avec de l'eau distillée avec les précautions habituelles (distillation sur du permanganate de potassium et redistillation au contact du sulfate d'alumine). L'eau ainsi obtenue est loin d'être isolante, sa conductivité est encore notable et l'on en a tenu compte dans le cas des grandes dilutions salines.

Le citrate cupriammonique $Cu(AzH^4)^4(C^6H^5O^7)^2 + 2H^2O$ a été préparé par le procédé suivant : Précipiter à chaud par la potasse une solution de sulfate de cuivre, filtrer, laver le précipité, le traiter par une solution saturée d'acide citrique jusqu'à complète dissolution et ajouter de l'ammoniaque jusqu'à neutralisation.

Les résultats des expériences sont résumés dans le Tableau suivant :

	Cas du sulfate.		Cas du citrate.	
Teneur de la solution en cuivre (grammes par litre).	Conductivité de la solution.	Conductivité moléculaire.	Conductivité de la solution.	Conductivité moléculaire.
6,36	0,0093	0,093	0,0600	0,600
3,18	0,0062	0,134	0,0354	0,709
1,60	0,00358	0,143	0,0188	0,752
1	0,00246	0,156	0,0137	0,880
0,80	0,00220	0,175	0,0120	0,954
0,50	0,00151	0,191	0,0082	1,043
0,40	0,00124	0,197	0,00678	1,078
0,10	0,00043	0,285	0,00206	1,310
0,01	0,00005	0,312	0,00024	1,551
0,001	0,0000084	0,537	0,000031	1,974

Si l'on construit la courbe des conductivités en fonction des concentrations, on constate que quand la dilution croît la conductivité moléculaire augmente d'abord régulièrement, puis pour une concentration infiniment faible elle croît très rapidement; il est évident que dans cette région les impuretés de l'eau (sels dissous ionisés) et les ions de l'eau elle-même ont une influence prépondérante vis-à-vis des ions du sulfate ou du citrate. Si donc on veut avoir la conductivité pour une dilution infinie, il convient de prolonger la courbe quasi linéaire de la conductivité moléculaire jusqu'à l'axe des ordonnées; on a ainsi :

$$\lambda_\infty = 0,32 \text{ pour le sulfate}; \qquad \lambda_\infty = 0,81 \text{ pour le citrate.}$$

Pour le sulfate la dissociation est complète à partir de 1^{mg} environ de cuivre par litre, soit 4^{mg} de sulfate. Pour le citrate la dissociation est complète à partir de 1^g environ de cuivre par litre, soit $8^g,5$ de citrate.

A concentration égale le rapport des degrés de dissociation doit être égal au rapport du nombre des ions dans le citrate et dans le sulfate, c'est-à-dire à $\frac{7}{3} = 2,33$. C'est ce qui résulte du Tableau suivant déduit des précédents :

Teneur en cuivre.	Degré de dissociation $\delta = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}$. Sulfate de cuivre.	Citrate cuproammonique.	Rapport des degrés de dissociation.
6^g,36	0,290	0,740	2,55
3,18	0,419	0,864	2,06
1,60	0,446	0,928	2,08
1	0,487	1,086 (?)	2,21
		Moyenne	2,22

On peut donc conclure de ce qui précède que l'ionisation du citrate cupriammonique, tout comme celle du sulfate de cuivre, obéit à la règle d'Arrhénius et que l'ion cuivre est libre au même degré dans les deux sels.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Floculation du sulfure d'arsenic colloïdal. Influence de la dilution de l'électrolyte et de la quantité d'électrolyte.* Note de MM. A. **Boutaric** et M. **Vuillaume**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Par la méthode dont nous avons antérieurement donné le principe (¹), nous avons étudié comment varie la vitesse de la floculation du sulfure d'arsenic colloïdal : 1° avec la concentration de la solution de l'électrolyte, la quantité d'électrolyte demeurant invariable; 2° avec la quantité d'électrolyte, celui-ci étant utilisé sous forme d'une dissolution de concentration constante.

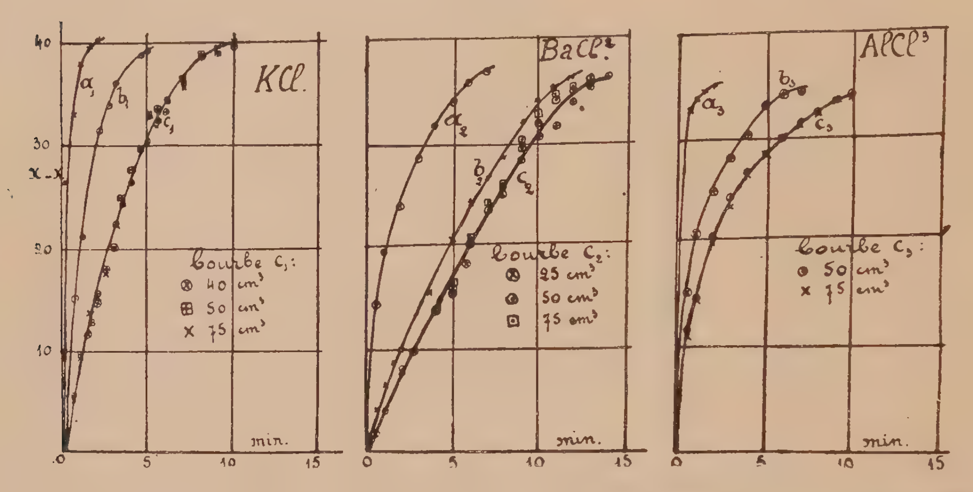
1. *Influence de la concentration de la solution de l'électrolyte.* — A 25^{cm^3} d'une solution de sulfure d'arsenic préparée à partir d'une solution d'anhydride arsénieux à 5^g par litre, ajoutons un certain volume d'eau de manière à obtenir v^{cm^3} de solution colloïdale. Dans ces v^{cm^3}, versons $(100 - v)^{cm^3}$ d'une solution aqueuse contenant une quantité déterminée et invariable d'un électrolyte. Nous formons ainsi 100^{cm^3} d'un mélange contenant une masse déterminée de colloïde et une masse également déterminée d'électrolyte. Néanmoins, la *vitesse de la floculation varie dans de grandes limites avec le volume* $100 - v$ *de la solution d'électrolyte; elle diminue d'abord quand ce volume augmente pour tendre vers une limite lorsque la dilution de l'électrolyte atteint une certaine valeur.*

(¹) A. Boutaric et M. Vuillaume, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1293.

C'est ce que montrent les courbes ([1]) de la figure 1 relatives à la floculation par K Cl, Ba Cl^2, Al Cl^3.

La floculation par K Cl a été provoquée par $6^{cm^3},5$ d'une solution normale de K Cl diluée de manière que le volume $100 - v$ soit successivement : 10^{cm^3} (floculation instantanée), 20^{cm^3} (courbe a_1), 30^{cm^3} (courbe b_1), 40^{cm^3}, 50^{cm^3} et 75^{cm^3} (courbe limite c_1).


Fig. 1.



La floculation par Ba Cl^2 a été provoquée par $3^{cm^3},5$ d'une solution $\frac{N}{50}$, diluée de manière que le volume $100 - v$ soit successivement : $3^{cm^3},5$ (courbe a_2), 10^{cm^3} (courbe b_2), 25^{cm^3}, 50^{cm^3} et 75^{cm^3} (courbe limite c_2).

La floculation par Al Cl^3 a été provoquée par 8^{cm^3} d'une solution $\frac{N}{1000}$, diluée de manière que le volume $100 - v$ soit successivement : 8^{cm^3} (courbe a_3), 25^{cm^3} (courbe b_3), 50^{cm^3} et 75^{cm^3} (courbe limite c_3).

Ces résultats montrent que, pour comparer les vitesses de floculation par divers électrolytes, il est indispensable d'opérer sur chacun d'eux avec une solution d'électrolyte suffisamment diluée pour réaliser la courbe limite. Il ne semble pas que cette précaution ait été prise par les divers auteurs qui ont comparé les vitesses de floculation.

2. *Influence de la quantité d'électrolyte (à concentration constante).* — A 25^{cm^3} d'une solution de sulfure d'arsenic préparée avec une solution

---

([1]) Dans les courbes de cette Note, les coefficients d'absorption représentés en ordonnées ont été ramenés à ce qu'ils seraient pour une épaisseur de colloïde égale à 1^{cm}.

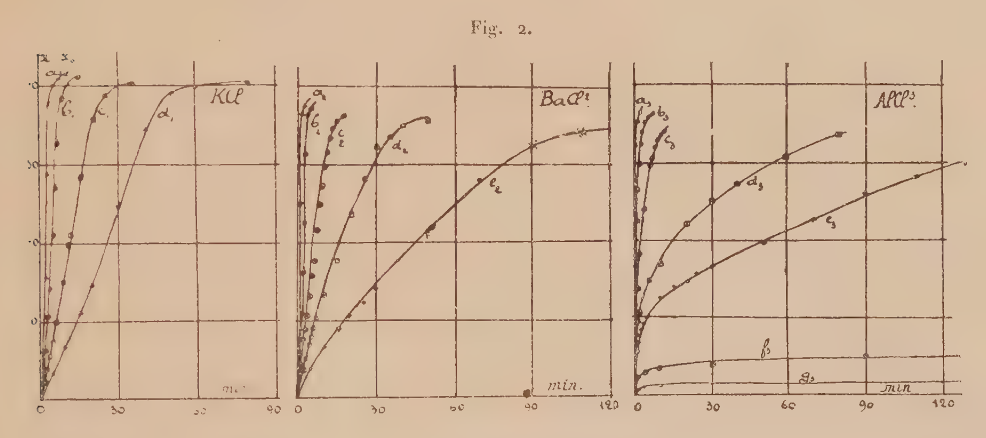
d'anhydride arsénieux à 5^g par litre, ajoutons un certain volume d'eau de manière à obtenir v^{cm^3} de solution colloïdale.

Dans ces v^{cm^3} versons $(100 - v)^{cm^3}$ d'une solution d'électrolyte de concentration invariable. Nous obtenons ainsi 100^{cm^3} d'un mélange qui renferme une quantité invariable de colloïde et des quantités d'électrolyte proportionnelles à $100 - v$.

Dans tous les cas, *la vitesse de la floculation augmente avec la quantité d'électrolyte.*

C'est ce que montrent les divers groupes de courbes de la figure 2, relatifs à la floculation par KCl, $BaCl^2$ et $AlCl^3$.

Fig. 2.



Pour KCl, la floculation a été provoquée successivement par $53^{cm^3},1$ (courbe a_1), 50^{cm^3} (courbe b_1), $46^{cm^3},9$ (courbe c_1), $43^{cm^3},7$ (courbe d_1) d'une solution de KCl de concentration 0,16 N, versés respectivement dans $46^{cm^3},9$, 50^{cm^3}, $53^{cm^3},1$ et $56^{cm^3},3$ de solution colloïdale contenant 25^{cm^3} du colloïde type.

Pour $BaCl^2$, la floculation a été provoquée dans des conditions analogues, par $57^{cm^3},1$ (courbe a_2), 50^{cm^3} (courbe b_2), $42^{cm^3},85$ (courbe c_2), 40^{cm^3} (courbe d_2), $35^{cm^3},7$ (courbe e_2) d'une solution de $BaCl^2$ de concentration 0,0014 N.

Pour $AlCl^3$, la floculation a été provoquée par $56^{cm^3},25$ (courbe a_3), $52^{cm^3},1$ (courbe b_3), 50^{cm^3} (courbe c_3), $46^{cm^3},9$ (courbe d_3), $43^{cm^3},75$ (courbe e_3), $37^{cm^3},5$ (courbe f_3) et $31^{cm^3},25$ (courbe g_3) d'une solution de concentration 0,00016 N.

On remarquera, sur les divers graphiques, que l'absorption limite diminue légèrement avec la quantité d'électrolyte employée.

Nous avons également tracé, sans les reproduire dans cette Note, les

courbes qui représentent les coefficients d'absorption obtenus au bout d'un temps donné, en fonction de la concentration; ces courbes ont une allure parabolique, leur concavité étant tournée vers l'axe des coefficients d'absorption : le coefficient d'absorption croît plus vite que la concentration.

CHIMIE MINÉRALE. — *Combinaisons des dérivés halogénés du mercure et du thallium.* Note de MM. **J. Barlot** et **J. Pernot**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note antérieure (¹), l'un de nous avait déjà mentionné l'existence des dérivés halogénés mixtes du plomb et du thallium, et isolé ces nouveaux composés. Beaucoup de raisons permettaient de supposer que le mercure pouvait se comporter de façon analogue au plomb, et, en fait, en utilisant les mêmes procédés, il nous a été possible de préparer les chlorure, bromure et iodure doubles de mercure et de thallium.

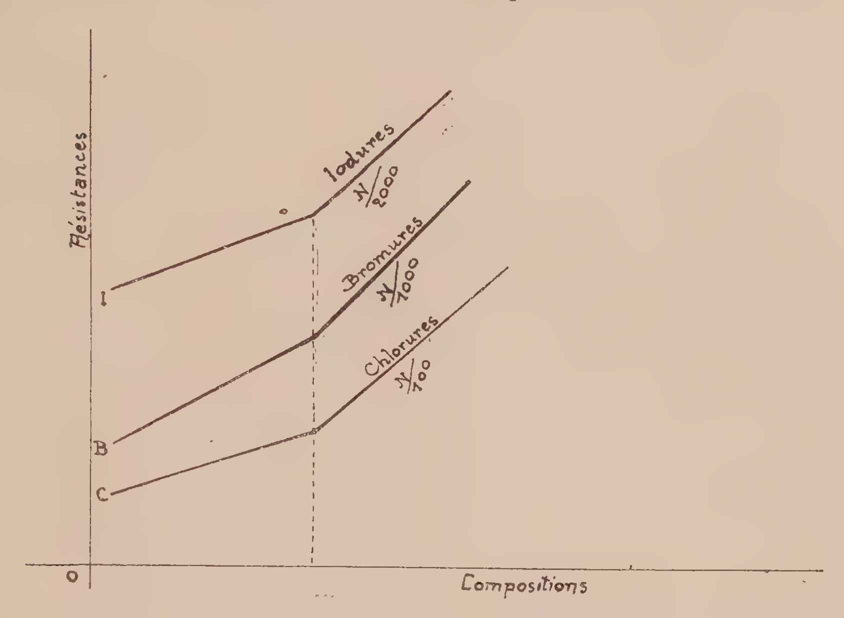
C'est encore à l'observation microscopique que nous sommes redevables des premières indications sur l'existence des combinaisons mixtes, et, sans vouloir trop insister sur ce moyen d'étude qui doit être utilisé avec précaution en tenant compte des cas fréquents d'isodimorphisme et de déformation apparente des cristaux par suite du développement plus ou moins grand de certaines faces, nous sommes persuadés qu'il peut rendre d'immenses services dans de nombreux cas.

L'étude des conductivités électriques des solutions étendues renfermant les dérivés halogénés du mercure et du thallium en proportions variables nous a permis de préciser la formule des composés existant en solution. Cette étude a été faite en utilisant la méthode classique du pont de Kohlrausch fonctionnant avec courant alternatif; l'eau employée, de conductivité inférieure à 2.10^{-6} a été obtenue par la méthode des congélations successives.

Les expériences faites avec des solutions $\frac{N}{100}$ pour les chlorures, $\frac{N}{1000}$ pour les bromures, $\frac{N}{2000}$ pour les iodures, sont schématisées par les trois courbes ci-contre, obtenues en portant en ordonnées les résistances mesurées, et en abscisses les proportions croissantes de l'un des deux sels, celle de l'autre restant fixe. Les graphiques C, B et I présentent tous un seul point anguleux correspondant à une combinaison équimoléculaire.

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 794.

Ces résultats étant acquis, il ne restait plus qu'à essayer de préparer ces combinaisons et à les identifier avec les corps observés microchimiquement; c'est en cela qu'a consisté la seconde partie de notre travail. La méthode de préparation, très simple, consiste à mélanger des dissolutions chaudes équimoléculaires, le sel double cristallise par refroidissement. Les corps



ainsi obtenus sont en général plus ou moins dissociables par l'eau, surtout à chaud, et il semble qu'il y aurait avantage à employer un excès d'un des constituants; pratiquement, nous n'avons pas obtenu par ce moyen de meilleurs résultats, les combinaisons mixtes étant très difficiles à séparer du constituant en excès par suite des solubilités très voisines des sels simples et du sel double. La solution serait aisée si l'on pouvait employer un dissolvant moins dissociant que l'eau, mais nos essais dans ce sens ont échoué, la plupart des centres dissolvants formant des combinaisons avec les sels halogénés.

Le chlorure double a déjà été signalé par Carstanjen [1], et préparé en dissolvant le chlorure thalleux dans une dissolution chaude de chlorure mercurique; il se présente sous forme de longues aiguilles soyeuses dont le système cristallin est difficile à déterminer.

Le bromure double est constitué par de très longues aiguilles formant un

---

(1) Carstanjen, *J. prakt. Chem.*, t. 102, 1867, p. 84 (Moissan, V, p. 474).

feutrage blanc; quant à l'iodure, il a un aspect floconneux et apparaît, sous le microscope, en cristaux bruns, très allongés, peut-être monocliniques. Le bromure et l'iodure doubles cristallisent anhydres, ainsi que l'indiquent les analyses faites sur des échantillons séchés dans le vide sulfurique.

Dosage du thallium.	Théorie pour 100.	Résultats pour 100.
Pour $HgBr^2$, $TlBr$	31,5	31,2
Pour HgI^2, TlI	25,9	25,5

Dans ces composés, nous avons eu à faire la séparation du thallium et du mercure; le procédé suivant, auquel nous nous sommes arrêtés après de nombreux essais, nous a donné d'excellents résultats; il repose sur le fait que le sulfure thalleux est facilement soluble dans les acides minéraux étendus, à l'inverse du sulfure mercurique.

Le sel double est transformé en un mélange de nitrates par l'acide nitrique étendu; on neutralise à peu près par l'ammoniaque et l'on précipite les deux sulfures par le sulfhydrate d'ammoniaque en excès; on filtre et le précipité est traité par l'acide nitrique à 10 pour 100; dans ces conditions, le sulfure de thallium seul se dissout; la liqueur, bouillie pour chasser l'hydrogène sulfuré, est neutralisée exactement par l'ammoniaque; on traite ensuite par l'iodure de potassium, et le thallium est pesé à l'état d'iodure thalleux. Un excès d'iodure de potassium n'est pas nuisible et diminue la solubilité de l'iodure de thallium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variations produites par les stabilisateurs dans le pouvoir catalytique des électroplatinosols*. Note [1] de M. **A. de Gregorio Rocasolano**, transmise par M. P. Sabatier.

L'étude de l'action du stabilisateur sur le pouvoir catalytique des colloïdes a un très grand intérêt, car, outre les raisons d'ordre théorique, les applications thérapeutiques des colloïdes dérivent de leur pouvoir catalytique, et comme les préparations colloïdales se trouvent stabilisées, il est intéressant de savoir quelle est l'action du stabilisateur sur le système.

Nous allons nous rapporter tout spécialement dans cette Communication au cas des électroplatinosols. Les stabilisateurs ont été le lysalbinate et le protalbinate de sodium, la gomme arabique et la gélatine.

---

[1] Séance du 18 juillet 1921.

Quel que soit le stabilisateur avec lequel on opère, le pouvoir catalytique de l'électroplatinosol, dans la décomposition de l'eau oxygénée, diminue par la présence du stabilisateur. Dans le cas du protalbinate de sodium, lorsque la dose du stabilisateur augmente, il arrive un moment pour lequel le pouvoir catalytique augmente aussi, mais ceci est dû, comme nous avons pu le démontrer expérimentalement, à ce que ce stabilisateur a une forte réaction alcaline, et c'est l'ion OH en présence, qui agit comme catalyseur, son action s'ajoutant à celle du colloïde.

Voici les nombres obtenus dans une série d'expériences avec un électroplatinosol de 0,004 de richesse pour 100, et en opérant à 35° :

	Tant pour 100 d'eau oxygénée décomposée.					
		Concentration en protalbinate sodique pour 100000.				
Temps en heures.	Témoin.	0,12.	0,60.	1,20.	6.	24.
24	28,4	22,3	26,5	30,1	31,2	33,5
120	70,4	52,8	63,5	68,5	68,8	72,6

Dans le cas du lysalbinate, comme les dissolutions de ce stabilisateur sont beaucoup moins alcalines que celles du protalbinate, on n'observe plus que la diminution du pouvoir catalytique du système, lorsqu'on opère avec des masses comme celles représentées dans la série ci-jointe :

	Tant pour 100 d'eau oxygénée décomposée.					
		Concentration en lysalbinate sodique pour 100000.				
Temps en heures.	Témoin.	0,12.	0,60.	1,20.	6.	24.
5	37,7	35,2	31,4	27,6	18,2	15,1
24	91,5	90,1	88,5	85,6	69,1	56,7

En utilisant comme stabilisateur du système la gomme arabique, on observe de la même manière que la présence du stabilisateur fait diminuer le pouvoir catalytique de l'électroplatinosol. Voici les nombres dans une série d'expériences :

	Tant pour 100 d'eau oxygénée décomposée.					
		Concentration en gomme arabique pour 100000.				
Temps en heures.	Témoin.	0,12.	0,60.	1,20.	6.	24.
16	58,9	58,4	52,4	50,8	44,2	34,2
68	93,4	92,1	90,8	88,2	77,2	67,7

Enfin si l'on stabilise au moyen d'une solution aqueuse de gélatine qui est, pour le colloïde que nous étudions, le stabilisateur de plus grand

pouvoir protecteur, la diminution du pouvoir catalytique est plus intense, comme le montrent les nombres suivants obtenus dans une des séries que nous avons étudiées :

Temps en heures.	Tant pour 100 d'eau oxygénée décomposée.					
		Concentration en gélatine pour 100000.				
	Témoin.	0,12.	0,60.	1,20.	6.	24.
30	85,3	66,3	43,3	35,5	25,6	24,5
72	97,4	92,0	83,1	70,4	43,9	37,4

On déduit des résultats que nous venons de citer, que le stabilisateur agit en atténuant le pouvoir catalytique des électroplatinosols et en exerçant avec les petites doses de protecteur une action efficace proportionnellement beaucoup plus grande, ce qui semble démontrer que c'est dans ces petites doses que se trouve l'effet utile maximum. Même si la dose de stabilisateur augmente, le pouvoir catalytique varie très peu, à tel point que la ligne représentative dans cette région est sensiblement parallèle à l'axe des abscisses sur lequel est compté la masse du stabilisateur en présence. Ceci semble démontrer qu'il existe une dose de stabilisateur, audessus duquel l'activité du colloïde ne se modifie pas sensiblement.

Un colloïde stabilisé est un système d'état colloïdal plus persistant ou plus parfait, si l'on peut parler ainsi, et cependant son pouvoir catalytique est plus petit que celui du même système non stabilisé.

Cette conséquence démontre qu'il ne faut pas chercher, strictement parlant, l'interprétation du pouvoir catalytique des colloïdes, comme dérivé de son état colloïdal; car la stabilité la plus parfaite de cet état a comme conséquence, pour le colloïde, une diminution de son pouvoir catalytique.

Le pouvoir catalytique du colloïde, et dans le cas qui nous occupe des électroplatinosols, réside dans la constitution chimique de la micelle comme nous croyons l'avoir démontré, les expériences actuelles n'étant que de simples arguments en faveur de nos idées.

A notre avis, l'état colloïdal a comme caractéristique un processus d'évolution chimique constante qu'on n'observe pas dans des systèmes d'un autre degré de dispersion, et le stabilisateur agit en freinant le processus évolutif selon un mécanisme encore inconnu : l'un des effets de cette plus grande stabilité est, sans doute, la diminution du pouvoir catalytique du système.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un appareil pour l'analyse industrielle des gaz.* Note [1] de M. G. **Andoyer**, présentée par M. Charles Moureu.

Cet appareil a été réalisé dans l'intention de corriger quelques défauts des instruments classiques de Hempel et d'Orsat, dont il dérive, et de réunir leurs qualités respectives : On y retrouve la simplicité de construction du premier et son universalité; et, de même que l'appareil d'Orsat, le nouvel instrument, dont les différents accessoires se peuvent placer dans une boîte, est robuste et transportable, permettant ainsi d'effectuer facilement les analyses partout où la nécessité s'en fait sentir. On y a supprimé la rampe à robinets multiples, fragile et coûteuse, enfin la précision des résultats est accrue par l'absence de tout espace nuisible.

L'appareil se compose :

1° D'un tube mesureur gradué en dixièmes de centimètre cube, entouré d'un manchon d'eau et portant une tubulure à chaque extrémité. La tubulure inférieure est unie par un tuyau de caoutchouc à un vase de niveau rempli d'eau salée. La tubulure supérieure, de petit diamètre intérieur, est soudée latéralement à un robinet à trois voies qui constitue l'origine de la graduation.

La construction spéciale du robinet permet une étanchéité durable, une manœuvre facile et précise de l'appareil et l'élimination, entre chaque absorption, du réactif engagé dans le canal et le boisseau.

La seconde voie horizontale du robinet est soudée à un petit entonnoir; la troisième, qui prolonge le boisseau à sa partie inférieure, est libre.

2° De pipettes-laboratoires du modèle primitif d'Orsat, en même nombre que les différents réactifs susceptibles d'emploi; et de deux tubes intermédiaires, permettant, l'un la combustion par explosion, l'autre la combustion sur amiante platinée ou palladiée.

L'analyse s'effectue de la façon suivante :

Le gaz est introduit dans le mesureur par la tubulure inférieure du robinet, et mesuré. Cette même tubulure est ensuite unie par un joint de caoutchouc, avec, successivement chaque pipette laboratoire :

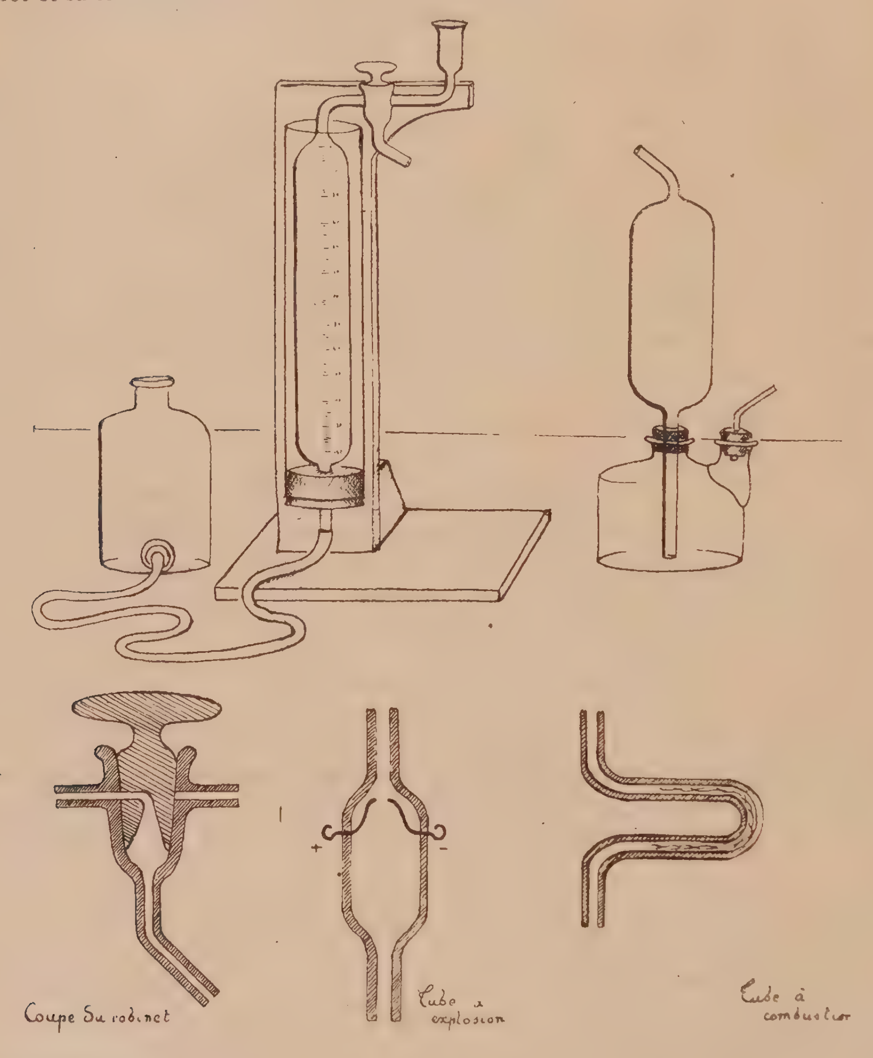
La pipette étant en communication avec l'entonnoir du robinet, par le jeu de la clef, le réactif est refoulé dans le laboratoire, par pression buccale ou autre, jusqu'à ce qu'il remplisse le canal de la clef et le bas de l'entonnoir.

On effectue alors l'absorption suivant le mode ordinaire, après avoir établi la communication entre la pipette et le mesureur; puis le gaz est renvoyé dans ce dernier, le réactif devant alors remplir exactement le canal du robinet.

---

[1] Séance du 11 juillet 1921.

On détache la pipette, mais avant de passer à la suivante on doit éliminer en versant un peu d'eau dans l'entonnoir, le réactif qui demeure dans celui-ci, dans le robinet et sa tubulure inférieure.



On fait agir de la même façon tous les réactifs dont l'emploi est prévu.

Pour effectuer une combustion on intercale entre la tubulure inférieure du robinet et une pipette laboratoire, soit le tube à explosion, dont les électrodes sont unies à une petite bobine d'induction, soit le tube à amiante métallisée, que l'on chauffe à l'aide d'une petite flamme, tout en faisant circuler plusieurs fois le gaz entre la pipette et le mesureur.

La durée de ces opérations est du même ordre de grandeur que le temps nécessaire à la manœuvre de l'appareil d'Orsat.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les sulfonations en présence d'iode.* Note de M. V. **Auger** et Mlle **M. Vary**, présentée par M. A. Béhal.

Sulfonation de l'acide benzoïque. — M. Maarse (¹) a obtenu, par sulfonation simple ou en présence de catalyseurs tels que SO^4K^2 ou SO^4Ag^2, un mélange des isomères *m.* et *p.* contenant environ 85 parties de ce dernier; en présence de SO^4Hg il a constaté en outre la formation de l'isomère *o.* dans la proportion de 0,7 pour 100. MM. J. Nath. Ray et M. Lac Dey (²), en effectuant cette sulfonation en présence d'une petite quantité d'iode, auraient obtenu le seul isomère ortho. Nos résultats ont été différents, principalement en ce qui concerne la formation de l'acide *o.*sulfoné.

La sulfonation simple, effectuée avec SO^4H^2 à 94 pour 100, 100 pour 100, ou contenant 20 pour 100 de SO^3, nous a constamment fourni un mélange des trois isomères, dans lequel l'acide *o.*sulfonique représentait environ 1 pour 100 du total. En opérant en présence d'iode, les résultats ont été les mêmes, aussi bien au point de vue quantitatif que qualitatif.

Maarse a recherché l'isomère ortho par deux méthodes : 1° le goût sucré de la saccharine formée par l'action de NH^3 sur les chlorures d'acides; 2° la formation d'acide salicylique par fusion alcaline du mélange. Nous pensons que ces deux réactions sont, ou trop délicates à exécuter, ou peu sensibles, et nous avons employé une autre méthode pour cette recherche. Le mélange d'acides a été chauffé à 140° avec son poids de phénol et quelques gouttes de SO^4H^2, puis on a évalué, par colorimétrie en solution alcaline, la quantité de phénolsulfone-phtaléine formée, par comparaison avec une opération effectuée de même avec un mélange contenant une quantité connue d'acide *o.*sulfonique pur.

Au cours de ces vérifications, nous avons eu occasion de prendre le point de fusion de l'acide *m.*sulfobenzoïque : 133°. L'amide de cet acide, $C^6H^4(SO^2NH^2)(CONH^2)$, fond à 176° et non pas à 170° comme il a été indiqué par Limpricht et Uslar.

Sulfonation de la pyrocatéchine. — MM. J.-N. Ray et M.-L. Dey, en effectuant la sulfonation en présence d'iode, auraient obtenu l'isomère sulfoné en 4, tandis que M. H. Cousin (³) n'a obtenu, par sulfonation

(¹) Maarse, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, t. 33, 1914, p. 207.
(²) J. Nath. Ray et M. Lac Dey, *Journ. ch. Soc. Lond.*, t. 117, 1920, p. 1405.
(³) H. Cousin, *Comptes rendus*, t. 117, 1893, p. 113.

simple, que l'isomère 3. Les expériences effectuées par nous, aussi bien en présence qu'en absence d'iode, ont constamment fourni le seul isomère 3, mélangé d'acide disulfoné 3.4, facile à séparer à cause du peu de solubilité de son sel de baryum. Nous avons constaté en outre que le sel de baryum de la pyrocatéchine sulfonique 3, chauffé avec un excès d'eau de baryte, fournit un précipité cristallin d'un *sel basique* $[C^6H^4O^2SO^3Ba]^2Ba, 4H^2O$, très stable à l'air.

Les expériences de MM. J.-N. Ray et M.-L. Dey ont porté sur 18 composés aromatiques, qu'ils ont traité par SO^4H^2 en présence d'iode; nous avons fait porter notre vérification sur les deux substances qui leur avaient fourni la preuve la plus nette de l'action catalysatrice ou dirigeante pour le groupe sulfo, exercée par ce métalloïde; devant nos résultats en contradiction formelle avec ceux qu'ils ont annoncés, et sans aller plus loin, nous nous croyons fondés à douter fortement de l'exactitude des autres résultats, et même d'une action quelconque de l'iode dans les sulfonations effectuées comme il a été dit par ces auteurs.

LITHOLOGIE. — *Sur l'éruption d'une andésite à hornblende dans l'archipel Malais.* Note de M. **H.-A. Brouwer.**

La roche d'une île volcanique qui s'est élevée au-dessus de la mer au cours d'une éruption sous-marine à l'ouest de Mahengetang (îles Sangi) est tout à fait exceptionnelle parmi les produits récents des volcans de l'archipel Malais qui sont presque tous des andésites à pyroxène ou des basaltes. C'est une andésite à hornblende, sans pyroxène, dans laquelle la hornblende verte forme de nombreux phénocristaux, non résorbés, qui, avec des phénocristaux de plagioclase zonés, principalement du labrador, riches en inclusions vitreuses à bulle gazeuse, sont englobés dans une pâte très riche en verre. La teneur en SiO^2 est de 59,4 pour 100.

L'éruption a commencé le 3 avril 1919 par de violentes explosions, accompagnées d'éclairs et de fortes détonations. Plus tard, une nouvelle île s'est élevée au-dessus du cratère sous-marin. M. Stikkel, commandant du vapeur *Flamingo*, qui passait près du volcan, le 4 novembre 1919, constatait que le volcan était tranquille et que la nouvelle île, d'un diamètre d'environ 70^m, s'élevait jusqu'à une hauteur de 10^m à 12^m au-dessus du niveau de la mer. Cette île était presque entièrement composée de blocs de lave, qui probablement forment la partie supérieure d'un dôme.

Le phénomène de la formation de dômes volcaniques, depuis longtemps connu au volcan Merapi (Java), a été observé dans ces dernières années dans d'autres volcans de l'archipel Malais; j'ai étudié les roches de ceux du volcan Galunggung (Java) et du volcan Ruang (îles Sangi). Mais toutes ces roches sont des andésites à hypersthène et augite, dans lesquelles la hornblende fait défaut, tandis que ce minéral est abondant dans les enclaves homœogènes, souvent à gros grain, qui constituent des cristallisations du même magma, effectuées dans des conditions physiques différentes. Ces enclaves contiennent des plagioclases et de la hornblende, brune ou verte, avec ou sans augite, hypersthène, magnétite et olivine; un verre renfermant des microlites se trouve dans plusieurs échantillons, remplissant les interstices des minéraux précédents. La hornblende est parfaitement intacte dans plusieurs enclaves des bombes et lapilli, tandis que celle des enclaves des dômes montre des phénomènes de résorption souvent intenses.

La différence très marquée entre la composition minéralogique des enclaves à hornblende et celle de la roche englobante peut être considérée comme la conséquence d'une cristallisation assez complète des parties supérieures du magma où la teneur en matériaux volatils et la température assez basse ont favorisé la cristallisation de l'amphibole, tandis que ce minéral était instable à de plus grandes profondeurs à des températures plus élevées. Nous supposons, qu'après les paroxysmes, le magma dépourvu de cristaux de hornblende est sorti de l'orifice en englobant des fragments de sa croûte à peu près solidifiée. Dans les nouvelles conditions de pression, brusquement diminuée, et de haute température de la roche englobante, la hornblende est devenue instable, c'est pourquoi elle est plus ou moins résorbée dans les enclaves des dômes où la lave a pu conserver une température élevée pendant un temps plus grand que dans les produits de projections. Ces derniers se sont solidifiés beaucoup plus vite et la hornblende de leurs enclaves est souvent parfaitement intacte.

Cette observation concorde avec celles qui ont été faites depuis longtemps par M. A. Lacroix dans divers centres volcaniques et notamment dans ceux d'Auvergne.

La composition minéralogique exceptionnelle de l'andésite à hornblende de la nouvelle île peut être en relation avec des conditions physiques différentes, qui résultent du caractère sous-marin du volcan.

Le caractère non résorbé de la hornblende et l'extrême richesse en verre de la pâte peuvent être une conséquence du refroidissement brusque de la lave au contact avec l'eau de mer. La cristallisation de la hornblende peut

avoir été favorisée par les conditions suivantes. D'abord la pression subie par le magma était plus élevée que celle existant sur le magma des volcans subaériens, à cause du poids de l'eau. Dans notre cas, toutefois, le cratère n'est pas à une très grande profondeur au-dessous du niveau de la mer et par suite l'augmentation de la pression n'a pas dû être très considérable. Mais le magma emprunte une certaine quantité de gaz aux parois de la cheminée, parce que l'eau de mer s'infiltre à travers le cône (la richesse en matériaux volatils du magma pendant la cristallisation est démontrée par l'extrême abondance des inclusions gazeuses dans les phénocristaux des plagioclases): la température de cristallisation est abaissée par ces matériaux volatils dissous, les minéraux stables à des températures plus basses peuvent ainsi cristalliser. Toutes ces conditions, une pression plus forte, une température de cristallisation plus basse et l'abondance de matériaux gazeux, favorisent la cristallisation de la hornblende au lieu de celle des pyroxènes.

GÉOLOGIE. — *Les mouvements post-sahéliens et leur influence sur la morphologie dans la zone prérifaine du R'arb septentrional (Maroc).* Note de M. **Léon Lutaud**, présentée par M. Émile Haug.

La région des nappes prérifaines, dont j'ai récemment étudié les particularités tectoniques [1], a été presque entièrement recouverte par la mer sahélienne. Les dépôts qui s'y sont formés se composent, d'une manière générale, de sables jaunes ou roux avec bancs de galets qui, localement, peuvent prendre beaucoup d'importance. Ils s'enfoncent plus à l'ouest et au nord-ouest, soit sous des grés plaisanciens analogues à ceux de Rabat, soit sous les alluvions des plaines du bas R'arb.

Depuis le Sahélien, tout le pays a été surélevé, et cette surrection, dans la région du djebel Sarsar et plus à l'est, a probablement dépassé 600^{m}. En tout cas, des lambeaux du Sahélien se trouvent conservés à plus de 450^{m} d'altitude dans le massif de Mzoufroun.

La surrection de la zone prérifaine du R'arb septentrional a été suivie d'une importante dénudation et, en l'état actuel, les dépôts sahéliens ont été presque entièrement enlevés dans la partie nord et est, tandis qu'ils sont encore bien représentés dans la région moins élevée qui s'abaisse vers les plaines du bas R'arb.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1510 et 1666.

L'action de l'érosion permet de voir que le Sahélien repose tantôt directement sur les argiles grises helvétiennes, tantôt sur les terrains de la nappe prérifaine. Ces derniers, à l'époque de la transgression sahélienne, formaient encore un ensemble d'un seul tenant dans la partie nord-est ; mais, au sud et à l'ouest, la nappe était en partie morcelée, probablement par une dénudation post-helvétienne et anté-sahélienne.

L'étude des dépôts sahéliens montre en outre très nettement que ceux-ci ont été affectés par une série de plissements à grand rayon de courbure qui, dans la région que j'ai parcourue, sont de direction générale NW-SE : de plus, ils se relèvent axialement du NW vers le SE.

Ils peuvent être considérés comme des ondulations posthumes, dernière phase des mouvements orogéniques intenses qui ont plissé et déversé vers l'extérieur les terrains de l'arc rifain. Ces plissements post-sahéliens ont eu un rôle directeur très net dans l'évolution morphologique de la région.

L'érosion pliocène et quaternaire a décapé les zones anticlinales et l'action des eaux courantes y a vigoureusement affouillé les argiles grises sous-jacentes. Celles-ci, par contre, n'ont pas été atteintes par l'érosion dans les zones synclinales qui, occupées soit par les formations très perméables du Sahélien, soit par les terrains plus résistants de la nappe, sont restées en saillie. Il en résulte que l'*inversion du relief* est le trait marquant de la morphologie générale du pays.

On peut reconnaître, en partant de la plaine de l'oued Sebou jusqu'à Mzoufroun, deux zones anticlinales post-sahéliennes alternant avec deux zones synclinales :

1° Une première bande anticlinale que l'on peut suivre depuis l'oued Rdat au sud-est et qui se termine périclinalement vers Lalla Mimouna au nord-ouest. Elle est bordée au sud-ouest par une corniche monoclinale du Sahélien (dj. Dbibane et dj. Dall). L'érosion y a largement mis à nu les argiles grises et parachevé le morcellement de la nappe. C'est la zone des klippes. Elle est suivie par une inflexion synclinale secondaire, à peu près médiane, qui a permis la conservation de quelques lambeaux sahéliens (plateau de Had Kourt).

2° Une première zone synclinale, que nous suivrons du NW vers le SE, borde au NE la région précédente. Les dépôts sahéliens y ont été conservés depuis le nord de Lalla-Mimouna jusqu'aux ruines de Basra et Sidi bou Mlid. Au delà, par suite du relèvement axial vers le SE, le Sahélien a été enlevé presque complètement et il est relayé par l'important massif en recouvrement de Sidi-Ameur el Hadi, dont la position synclinale est très nette.

3° La deuxième bande anticlinale est plus énergiquement plissée que la première. Elle a été également décapée par l'érosion : toutefois, plus éloignée du niveau de base de la région, elle a été moins complètement déblayée. On peut la suivre depuis

Sidi Abdallah Bassal (à 8^{km} WSW d'Arbaoua) jusqu'au sud du massif de Mzoufroun. Les dépôts sahéliens y ont presque entièrement disparu. De Sidi Abdallah jusqu'à Bir el Assess, on suit une dépression anticlinale creusée dans les argiles dans laquelle des lambeaux de recouvrement forment un relief en chapelet (cotes 196, 188, etc.). Plus à l'est, la nappe est moins morcelée (Nador, Semma); cependant l'érosion y a creusé plusieurs petites « fenêtres » qui laissent apparaître les argiles grises. Au delà, l'oued Mda a creusé sa haute vallée sur l'anticlinal et a déblayé partiellement une vaste fenêtre, au milieu de laquelle subsistent de nombreux lambeaux de la nappe. Ceux-ci se montrent souvent fortement plissés et repliés dans les argiles grises. Ce sont là des mouvements indépendants des ondulations post-sahéliennes; ils sont anté-sahéliens et ont dû accompagner ou suivre de près la progression même de la nappe.

4° Au delà, vers le NE, apparaît la deuxième zone synclinale, assez étroite. Le dj. Sarsar et le massif de Mzoufroun y forment deux importants reliefs en recouvrement, reliés par un pédoncule. Leur position synclinale est assez bien marquée par le fait, qu'indépendamment de l'allure des mouvements anté-sahéliens que l'on y peut observer, ils se relèvent dans leur ensemble aussi bien vers le SW que vers le NE, au-dessus des argiles grises.

Il est probable que les mouvements post-sahéliens se continuent encore vers le NE, dans la région que je n'ai pu explorer en 1918.

Les ondulations que nous venons d'étudier se relèvent axialement vers le SE et s'abaissent vers le NW. Mais ce mouvement n'est pas régulier et progressif. Il s'accompagne d'inflexions axiales secondaires qui affectent à la fois les bandes anticlinales et synclinales suivant une direction NE-SW, et forment ainsi de petites aires de surélévation et d'ennoyage perpendiculaires à la direction des plis. Je ne signalerai que la zone d'abaissement axial qui se poursuit depuis la région à l'est d'Arbaoua jusqu'à l'ouest de Souk el Arba du R'arb. Elle a été en grande partie empruntée par le cours moyen de l'oued Mda qui s'y engage à angle droit en aval de Sidi Abbou. Une très remarquable cuvette alluviale marque en ce point l'intersection de la bande synclinale avec la zone d'abaissement axial des plis.

Pour quiconque fait de l'analyse morphologique, le complément nécessaire des études tectoniques, il apparaîtra clairement que le travail de l'érosion dans le R'arb prérifain met pleinement en valeur les phénomènes de recouvrement et fournit des arguments décisifs contre la notion du Trias intrusif. En suivant, en effet, le détail de l'affouillement par les eaux courantes, il devient manifeste que les affleurements de Trias, que l'on rencontre si souvent à la base du Nummulitique et du Burdigalien et au-dessus des argiles grises, sont en relation étroite avec ce seul affouillement et que leur répartition ne peut s'expliquer autrement.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la découverte, au Sénégal, de deux fruits fossiles appartenant aux genres* Kigelia *D. C. et* Nipadites *Bowerb.* Note de M. **P.-H. Fritel**, transmise par M. Costantin.

M. H. Hubert a bien voulu me communiquer deux fruits fossiles rencontrés au Sénégal, dans des couches attribuées à l'Éocène moyen. L'un de ces fruits a été trouvé sur le sol, devant la Résidence, à Nianing. M. Hubert qui, le premier, en a signalé la présence, l'avait rapporté, mais avec doute, au genre *Kigelia*. Ce fossile appartient bien à ce genre et ne peut être distingué par aucun caractère saillant des fruits du *Kigelia pinnata* D. C., arbre de la famille des Bignoniacées, appelé vulgairement *saucissonnier*, à cause de la forme de ses fruits, et qui croît actuellement dans toute l'Afrique tropicale.

Le fossile est représenté par un moule silicifié reproduisant tous les détails extérieurs du fruit; on distingue à sa surface deux forts sillons longitudinaux, dus vraisemblablement à une déchirure de son enveloppe au moment de la fossilisation. Mutilé à sa partie inférieure, ce fruit, dans son état d'intégrité, pouvait mesurer 30^{cm} de longueur, son diamètre étant de 7^{cm}-8^{cm} à la base et de 6^{cm} au sommet. Vu sa très grande ressemblance avec les fruits de l'espèce mentionnée ci-dessus, je propose, pour ce fossile, le nom de *Kigelia præpinnata*.

Jusqu'à présent, la famille des Bignoniacées, à laquelle appartient le genre *Kigelia* n'était représentée, à l'état fossile, que par des empreintes de feuilles dont la détermination générique est extrêmement douteuse et rapportées plus ou moins arbitrairement aux genres *Bignonia*, *Bignoniophyllum*, *Jacaranda*, *Tecoma* et *Catalpa;* la feuille se rapportant à ce dernier genre a été d'ailleurs postérieurement réunie au genre *Aristolochia* sous le nom d'*A. cordifolia* Newberry.

Le fruit recueilli par M. H. Hubert est donc jusqu'à présent le seul représentant authentique de la famille des Bignoniacées, non seulement à l'époque tertiaire, mais à l'état fossile.

Le second fruit récolté au Sénégal, à Bargny m'bote (4^{km} est de Rufisque) appartient au genre *Nipadites;* ce genre, très répandu dans l'Éocène moyen d'Europe : en Angleterre, à Sheppy, en Belgique, en France et en Italie, au Monte Bolca, où il est représenté par des fruits, de volume très variable, pour lesquels Massalongo créa les genres *Castellinia*, *Paloeskeura* et *Fracastoria*, qui doivent lui être réunis à titre de synonymes, se

retrouve en Amérique, dans l'Éocène inférieur de Grenada County (Mississipi) et en Afrique, aux environs du Caire, dans les couches de Mokattam.

Le fruit de Bargny m'bole peut être identifié au *N. Burtini* Brongnt.; sa découverte au Sénégal étend notablement l'aire de répartition géographique de cette espèce.

CYTOLOGIE. — *Sur les éléocytes de* Perinereis cultrifera (*Grube*). Note de M. **Marc Romieu**, transmise par M. Edmond Perrier.

J'ai exposé, dans un travail récent (¹), le résultat de mes observations sur le liquide cœlomique de la *Perinereis cultrifera*, passant en revue de façon précise les différentes formes de leucocytes que j'ai eu l'occasion d'y rencontrer et attirant spécialement l'attention sur les grandes cellules bourrées de gouttelettes graisseuses qui remplissent le cœlome lors de la maturité sexuelle. Ces cellules me paraissent d'autant plus dignes de remarque que certains auteurs les ont confondues avec des ovocytes en voie d'accroissement. J'ai montré les caractères différentiels très nets qui permettaient de les en distinguer et j'ai constaté de plus leur présence chez les mâles où on les voit se presser en foule autour des spermatogemines.

Je ne crois pas qu'il y ait lieu de parler, comme l'a fait A. Dehorne à propos de la *Nereilepas fucata* (²) de *corps graisseux*, ni de distinguer comme lui pour établir un parallélisme étroit avec les Insectes, deux sortes de cellules graisseuses. Il s'agit ici d'éléments libres dans le cœlome, de leucocytes chargés de graisse, comme l'avait vu, il y a déjà longtemps, Racovitza ches les femelles de *Micronereis variegata* Clap. (³).

Ces cellules méritent, comme je l'ai montré, d'être rapprochées des *éléocytes*, découverts par Picton chez la *Polymnia nebulosa* (⁴) et observés par Kollmann chez plusieurs autres espèces et dénommées par lui *cellules adipo-*

(¹) Marc Romieu, *Observations cytologiques sur les leucocytes de* Perinereis cultrifera Gr. (*C. R. Congrès Assoc. Anat.*, Paris, 1921).

(²) A. Dehorne, *Sur le corps graisseux de* Nereilepas fucata (*C. R. Ass. franç.*, 43ᵉ session, Le Havre, 1914).

(³) E. Racovitza, *Sur le rôle des amibocytes chez les Annélides polychètes* (*Comptes rendus*, t. 120, 1895).

(⁴) Picton, *On the hearth body and cœlomic fluid of certain Polychæta* (*Quart. Journ. micr. sc.*, vol. 41, 1898).

sphéruleuses (¹). Le terme d'*éléocyte* doit, à mon sens, être conservé, car il possède la priorité et a de plus été appliqué par divers auteurs à des éléments semblables qu'on rencontre chez les Oligochètes, également à l'état libre dans le cœlome.

Les éléocytes des *Perinereis cultrifera* sont de grandes cellules de 40^{μ} en moyenne, sphériques ou ovoïdes lorsqu'elles ne sont pas déformées par le contact des cellules voisines qui remplissent la cavité du corps. Elles semblent entourées d'une fine membrane légèrement basophile et possèdent un noyau arrondi où la chromatine se présente en grains très fins. Le noyau est toujours dépourvu de nucléole. Le cytoplasme montre seulement à la périphérie ou dans presque toute son étendue une structure alvéolaire très délicate. J'ai vu que ces alvéoles étaient remplis sur le vivant par de fines gouttelettes d'un jaune verdâtre qui donnent sa teinte spéciale au liquide cœlomique. Ces gouttelettes sont formées par une graisse que j'ai pu colorer par le Soudan III et par l'acide osmique. Ce dernier réactif leur donne d'emblée une couleur très foncée indiquant leur richesse en graisses non saturées. Dans la paroi des alvéoles j'ai vu très nettement de fines granulations qui sont des mitochondries.

Dans les éléocytes de *Perinereis*, j'ai découvert la présence constante d'inclusions cristallines très particulières. Ces cristaux se présentent tout d'abord comme des octaèdres minuscules de 2^{μ} à 5^{μ} qu'on voit grandir et s'allonger pour devenir très aigus. Leurs angles s'émoussent ensuite et ils finissent par prendre la forme de *corps en fuseaux* striés longitudinalement à leur surface. J'ai vu que ces cristaux étaient susceptibles de se gonfler et de se déformer comme le font souvent les cristaux albuminoïdes qu'on nomme en général des *cristalloïdes*. Lors de la période d'accroissement des éléments génitaux, j'ai constaté que tous les éléocytes sans exception qui remplissent le cœlome renferment plusieurs de ces inclusions cristallines.

J'ai étudié par un grand nombre de réactifs les réactions colorantes de ces cristaux et j'ai vu qu'ils se comportaient comme des corps franchement acidophiles. Ils se montrent, par exemple, colorés en rose brillant par l'éosine et les éosinates de bleu et d'azur, en rouge cuivré par le triacide. J'ai vu de plus qu'ils pouvaient se teindre avec électivité par la safranine et surtout par l'hématoxyline au fer. J'ai cherché par quelques réactions microchimiques à me faire une idée de leur nature. J'ai pu obtenir la réaction xantho-protéique, ce qui me permet de conclure qu'il s'agit d'une

(¹) M. Kollmann, *Recherches sur les leucocytes et le tissu lymphoïde des Invertébrés* (*Thèse Science*, Paris, 1908).

substance protéique qui doit jouer un rôle de réserve à rapprocher des cristaux décrits par Hollande dans les cellules adipeuses des chenilles de Vanessa [1].

Les éléocytes contiennent souvent à côté des cristaux des sphérules oxyphiles plus ou moins volumineuses et comparables à celles que Dehorne a décrites chez *Nereïlepas*. Sur les jeunes éléments j'ai toujours observé des granulations très fixes en général situées au voisinage du noyau. Sphérules et granulations sont fortement éosinophiles et présentent les mêmes réactions que les cristaux. Sur quelques individus examinés avant la maturité sexuelle, je n'ai pas trouvé de cristaux, mais seulement des sphérules.

Pour ce qui est de l'origine des éléocytes en général, Cuénot admet qu'il s'agit sans doute de leucocytes transformés. Son opinion me paraît très vraisemblable et plusieurs arguments me semblent plaider en sa faveur. Tout d'abord, c'est le haut pouvoir phagocytaire que présentent les jeunes éléocytes.

Comme Cuénot l'avait constaté pour les éléocytes d'*Allolobophora* [2], j'ai vu que les éléocytes jeunes de *Perinereis* sont capables d'englober les grains de carmin. J'ai observé de plus, spécialement par la méthode de Mann, au bleu de méthyle-éosine, des images très nettes et très fréquentes de phagocytose des petits granulocytes éosinophiles par ces cellules comme si un tactisme particulier attirait les jeunes éléocytes vers la substance éosinophile qu'ils accumuleront plus tard sous forme de réserve cristallisée. Or les éléocytes les plus âgés possèdent une membrane comme ceux des Oligochètes, et leur pouvoir phagocytaire semble indiquer qu'ils dérivent des amibocytes.

J'ai observé de plus des leucocytes particuliers qui constituent peut-être des formes de passage entre les petits granulocytes éosinophiles typiques et les éléocytes. Ces leucocytes que j'ai désignés sous le nom de *granulocytes vacuolaires* ont une taille intermédiaire entre celle des éosinophiles et des éléocytes jeunes. Ils ont un cytoplasme nettement alvéolaire. Les granulations éosinophiles sont plus rares et de taille inégale. Certaines sont volumineuses et sont déjà de véritables sphérules; d'autres se présentent déjà sous une forme cristallisée.

Ainsi les éléocytes représenteraient une forme d'évolution des granulo-

---

(1) C. Hollande, *Formations endogènes des cristalloïdes albuminoïdes et des urates des cellules adipeuses des chenilles de Vanessa Io et urticæ* (*Arch. Zool. exp.*, t. 53, 1914).

(2) L. Cuénot, *Études physiologiques sur les Oligochètes* (*Arch. biol.*, t. 15, 1898).

cytes avec surcharge graisseuse. Il est peu probable qu'une évolution régressive soit possible, car j'ai toujours constaté la dégénérescence vacuolaire du noyau des éléocytes les plus volumineux.

On voit donc qu'il n'y a pas lieu de ranger, comme l'a fait Kollmann dans son remarquable travail, les Néréides dans la catégorie des Annélides ne possédant que des amibocytes ordinaires.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'origine et le rôle des cellules à réserves de la cavité générale chez* Perinereis cultrifera (*Gr.*) *et* Perinereis Marioni (*Aud. et Edw.*) *et sur la différenciation précoce de leurs œufs*. Note de M. **R. Herpin**, transmise par M. Edmond Perrier.

En comparant le contenu de la cavité générale de diverses *Perinereis cultrifera* (Gr.) atoques et épitoques, j'ai constaté une variation de ce contenu en rapport avec la métamorphose.

Les observations qui suivent ont été faites sur du liquide cœlomique obtenu par ponction et examiné, dilué dans l'eau de mer, soit à l'état frais, soit après fixation de quelques minutes aux vapeurs osmiques. Fauvel (1) a déjà fait remarquer qu'alors que le développement des lamelles parapodiales ne commence qu'au printemps, on trouve déjà des femelles bourrées d'œufs dès l'hiver et même l'automne précédent.

Des examens d'individus atoques, recueillis au mois de mars, m'ont prouvé que, dès cette époque, on trouve déjà des femelles possédant des oocytes reconnaissables. Leur diamètre est compris entre 25^{μ} et 40^{μ}; ils contiennent de nombreux sphérules noircissant aux vapeurs osmiques. Ils se distinguent facilement de cellules plus petites (ne dépassant pas 20^{μ}) et contenant des sphérules plus petits et noircissant également aux vapeurs osmiques.

Ces dernières cellules que je qualifierai de *cellules à réserves* n'ont pas été signalées par Kollmann (2) chez les *Nereis*. Elles sont probablement comparables aux cellules *adipo-sphéruleuses* que ce même auteur décrit chez quelques Annélides sédentaires. Dans un travail en cours d'impression, de Romieu adopte le nom d'*éléocytes*, déjà employé par Picton.

(1) Fauvel, *Annélides polychètes pélagiques provenant des campagnes de l'*Hirondelle *et de la* Princesse-Alice (*Résultats scientifiques des campagnes du Prince Albert Ier de Monaco*, fasc. 48, 1916, p. 99).

(2) Kollmann, *Recherches sur les leucocytes et le tissu lymphoïde des Invertébrés* (*Ann. Sc. nat.*, 9e série, t. 8, 1908).

A la même époque on trouve également de grosses femelles dont les œufs ont un diamètre dépassant 200^{μ} et dont les lamelles parapodiales commencent à se développer. On peut donc en conclure que les premières ne seraient devenues épitoques que l'an prochain.

En juillet, les *Perinereis cultrifera* atoques, de petite taille et sans produits sexuels reconnaissables, présentent des cellules à réserves de dimensions variées : les plus grandes, pouvant atteindre 30^{μ} de diamètre, sont très riches en sphérules adipeux; les autres, plus petites (certaines ne dépassent pas 12^{μ}), possèdent des réserves moins abondantes. N'y aurait-il pas là un commencement de différenciation des œufs et des cellules à réserves. Si cette hypothèse se vérifiait, il s'ensuivrait que le développement des œufs durerait deux ans !

En plus de ces jeunes individus, on rencontre en juillet de grosses femelles atoques dont les œufs ont un diamètre compris entre 60^{μ} et 120^{μ}. On trouve également des *Perinereis* de taille moyenne sans produits sexuels différenciés et qui sont probablement de futurs mâles devant devenir épitoques l'an prochain.

Dans les jeunes individus atoques, les cellules à réserves paraissent peu cohérentes et sont pour la plupart isolées. Dans les femelles atoques ou subépitoques, les cellules à reserves adhèrent entre elles ainsi qu'aux œufs. formant parfois de volumineux amas. Chez les mâles, elles adhèrent également aux spermatogonies. Lorsque la métamorphose est complètement achevée, ce qui se reconnaît à l'apparition des soies à palettes dans les segments postérieurs, les cellules à réserves sont devenues moins nombreuses et se rencontrent de nouveau isolées. Celles des femelles ne contiennent plus qu'un ou deux globules adipeux. Chez les mâles, la disparition des réserves est moins complète. Chez les deux sexes, l'emploi de l'encre noire Antoine, après fixation aux vapeurs osmiques, met en évidence de larges lacunes. Nous sommes donc fondés à conclure, ainsi que Kollmann l'a fait pour le *Carcinus mœnas* (L.), que les réserves disparues ont servi, du moins en partie, à la nutrition des produits sexuels.

L'étude de divers stades de *Perinereis Marioni* (Aud. et Edw.) nous a conduit aussi aux mêmes conclusions.

Chez les individus atoques, le liquide cœlomique contient de nombreux lymphocytes arrondis de diamètre inférieur à 10^{μ}. Ils sont tantôt isolés, tantôt agglomérés entre eux ou avec les cellules à réserves; ils deviennent rares lors de la métamorphose. Certains d'entre eux présentent des pseudopodes filiformes tout en conservant la forme arrondie.

J'ai rencontré aussi de très nombreux amœbocytes fusiformes ou arqués,

libres ou fixés sur des oocytes. Ces dernières observations ayant été faites sur des individus soumis au jeûne depuis plusieurs jours et dont la vitalité était bien diminuée, il ne semble pas s'agir ici d'un phénomène normal. Peut-être par la sécrétion de quelque diastase, les amœbocytes venaient-ils digérer les réserves des œufs; peut-être aussi était-ce un simple phénomène d'agglutination.

Chez les *Perinereis* atoques, j'ai rencontré diverses fois des lymphocytes chargés de fins granules; chez les jeunes individus on rencontre des intermédiaires entre ces lymphocytes et les cellules à réserves. Il est donc fort probable que ces dernières proviennent de certains lymphocytes.

En résumé, l'étude du contenu de la cavité générale de *Perinereis cultrifera* et de *Perinereis Marioni* nous a montré :

1° Que les cellules à réserves proviennent probablement des lymphocytes.

2° Qu'elles ont pour fonction principale de nourrir les produits sexuels en voie d'élaboration.

3° Que le développement des œufs est extrêmement lent et demande plus d'une année. Il précède de beaucoup la métamorphose externe, laquelle, pour *Perinereis cultrifera*, s'opère en deux mois environ.

4° La présence d'éléments sexuels, particulièrement d'œufs, dans une Annélide n'est donc pas une preuve que cet animal soit adulte, ainsi que l'avait affirmé Giard [1] à propos de la *Wartelia gonotheca*.

C'est en partant de cette idée fausse que l'on a pu décrire comme espèces et même genres nouveaux certains stades postlarvaires.

L'*Amphitrite præcose* de de Saint-Joseph [2] pourrait fort bien n'être qu'un stade postlarvaire de quelque Térébellien. Ses longues soies, loin d'être un signe d'épitoquie, pouvant n'être que des soies larvaires. De même Korschelt et J. Bonnier ont démontré que, malgré ses œufs, le *Paractius mutabilis* de de Saint-Joseph [3] n'était qu'une larve d'*Ophryotrocha puerilis*. Mais, alors que J. Bonnier [4] expliquait la coexistence de carac-

---

(1) Giard, *Sur les* Wartelia, *genre nouveau d'Annélides considérés à tort comme des embryons de Térébelles* (*Comptes rendus*, t. 86, 1878, p. 1147).

(2) De Saint-Joseph, *Annélides polychètes de la rade de Brest* (*Ann. Sc. nat.*, 8e série, t. 10, 1899, p. 185).

(3) De Saint-Joseph, *Annélides des côtes de Dinard* (*Ann. Sc. nat.*, 7e série, t. 5, 1888, p. 240, et t. 20, 1895, p. 210).

(4) J. Bonnier, *Sur l'appareil maxillaire des Eunicéens* (*Comptes rendus*, t. 116, 1893, p. 524).

tères larvaires et de produits sexuels par un phénomène de néoténie ou bien de progénèse, il pourrait se faire que, de même que chez les Néréidiens, il ne s'agisse que d'un développement extrêmement lent des œufs, lequel ici débuterait dès la vie larvaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Extraction et nature de la substance sulfhydrigène dans les graines de certaines Papilionacées.* Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

Dans deux Notes précédentes (2 et 9 mai 1921), j'ai attiré l'attention sur des graines de la famille des Papilionacées qui ont la curieuse propriété de produire une autofermentation sulfhydrique. Parmi ces graines, quelques-unes sont d'un usage alimentaire courant et j'ai mis notamment en lumière la production de H^2S par les *Lathyrus* (*sativus* et *Cicera*) qui provoquent l'intoxication connue sous le nom de *lathyrisme.* J'ai montré que l'autofermentation des graines concassées et humectées se produit entre les températures de 35° et 55° environ, s'arrêtant à la température moyenne de coagulation des matières albuminoïdes; au delà de cette température on n'obtient le dégagement de H^2S que par l'ébullition dans l'eau et surtout dans l'eau acidulée.

J'ai extrait de quelques-unes de ces graines, et principalement de celles du *Lathyrus sativus*, de la manière suivante, une substance productrice de H^2S.

Les graines, réduites en farine grossière avec un simple moulin à café, sont épuisées par l'éther, qui extrait notamment des matières grasses et un pigment jaune; elles sont ensuite épuisées par l'alcool à 96°, qui extrait également un pigment jaune clair. La farine est mise ensuite, pendant plusieurs heures, en macération dans de l'eau distillée, puis filtrée sur coton de verre, reprise encore par un peu d'eau une ou deux fois et, finalement, fortement pressée dans un nouet de toile. Toutes ces eaux, après repos et décantation, sont traitées par l'acétate neutre de plomb (formule de Courtonne) et filtrées ensuite après repos; le précipité plombique est riche en matières protéiques (albumines et globulines).

Dans le filtrat, l'excès de plomb est précipité par un courant de H^2S ou bien par de l'acide sulfurique à 20 pour 100, employé en quantité exactement nécessaire. Après repos, nouvelle filtration.

On peut déjà constater que ces liquides, surtout s'ils sont légèrement acidulés par HCl, donnent, à l'ébullition, un dégagement de H^2S. Placés à l'étuve, entre 35° et 40°, ils donnent, comme la farine elle-même, quoique moins vivement, une autofermentation sulfhydrique, dont on peut se rendre compte en saupoudrant ces liquides, au

préalable, avec un peu de bioxyde jaune de mercure : cette poudre devient noire ou noirâtre, au bout de quelques heures, par suite, apparemment, du dégagement spontané de H^2S au sein du liquide.

Les liquides, obtenus par les procédés ci-dessus, donnent, sous l'action du sulfate d'ammoniaque concentré, sous l'action de l'alcool ou bien par la chaleur, un précipité floconneux que l'on recueille sur un filtre. Il est remarquable de constater que, par la chaleur, la coagulation est obtenue à la température voisine de 55° qui est exactement celle où se fait encore, mais où cesse bientôt, l'autofermentation sulfhydrique des graines concassées. Si le précipité est obtenu par la chaleur ou par l'alcool, il est irréversible.

La substance blanche, amorphe, ainsi obtenue, chauffée à l'ébullition dans l'eau et surtout dans l'eau acidulée, dégage de l'acide sulfhydrique. Elle donne aussi, à l'étuve, entre 35° et 40°, en quelques heures, le dégagement spontané de H^2S : une démonstration simple de ce fait consiste à placer des morceaux de papier-filtre, légèrement enduits de la pâte de la substance et saupoudrés de bioxyde jaune de mercure, dans un flacon bouché; au bout de quelques heures, la poudre d'oxyde de mercure devient noire.

La substance ainsi extraite paraît donc être celle ou l'une de celles qui, dans les graines, produit le dégagement spontané de H^2S.

Cette substance donne, d'une manière très vive, la réaction de Millon, la réaction xanthoprotéique, la réaction du biuret, la réaction furfurique et la réaction glyoxylique, c'est-à-dire toutes les réactions principales caractéristiques des protéines.

La substance mère de H^2S, dans les graines des *Lathyrus* et autres Papilionacées à autofermentation sulfhydrique semble donc être une protéine.

Cette substance, après avoir dégagé tout le H^2S qu'elle peut fournir, contient encore du soufre; elle donne toujours une forte réaction au plombite de sodium. La farine, d'ailleurs, après avoir dégagé son H^2S, contient encore une forte proportion de soufre.

On sait déjà que les matières protéiques contiennent une partie de leur soufre, sous forme plus ou moins labile, dans les molécules cystine et cystéine où entre le groupe sulfhydryle HS; on ne connaît pas, je crois, la combinaison sulfurée, qui contient le reste du soufre, et peut-être même tout le soufre labile n'est-il pas contenu uniquement dans les molécules cystiniques.

Quoi qu'il en soit, la substance qui, dans les graines de certaines Papilionacées, et en particulier, dans les graines de Gesses, donne spontanément, au contact de l'eau, le dégagement de H^2S, semble être une protéine particulière, qui laisse se dégager spontanément, sous forme de H^2S, la partie labile du soufre qu'elle contient.

HISTO-PHYSIOLOGIE. — *La localisation du glycogène dans le foie et les muscles des chiens nourris en vue de la production maximale de cette réserve.* Note de Mme **Z. Gruzewska** et M. **Fauré-Frémiet**, présenté par M. Henneguy.

Si après un jeûne prolongé on soumet les chiens à un régime spécial, le glycogène du foie augmente beaucoup. L'historique de la question a été traité par E. Pflüger dans le dictionnaire de C. Richet.

Nous ajouterons seulement qu'on est arrivé à produire de cette façon la quantité énorme de glycogène de 18 pour 100 du foie frais (1) (on en trouve en moyenne de 1 à 3 pour 100 du poids frais du foie).

En reprenant ces expériences, nous avons cherché à contrôler les données chimiques par les observations histologiques en précisant la localisation du glycogène dans le foie et les muscles.

Les animaux ont été soumis au régime suivant : après un jeûne de 8 à 9 jours, ils ont reçu pendant 5 jours 100g à 150g de viande de cheval (d'après leur poids), autant de riz et de sucre. Tous les chiens ne donnent pas de résultats satisfaisants, il n'y a que les animaux jeunes qui supportent ce régime et réagissent bien. Les chiens dont nous nous sommes servis ont été pris au hasard.

Au point de vue histologique (2) nous avons utilisé la technique classique de coloration à la gomme iodo-iodurée, après fixation par le liquide de Sauer. Nous avons fixé d'autres fragments avec le liquide de Hollande et, d'autre part, avec le formol et l'acide osmique, afin de pouvoir comparer trois aspects complémentaires de la cellule hépatique : suivant que nous avions conservé le glycogène, ou les albuminoïdes, ou les lipoïdes.

Voici le Tableau comparatif de la composition chimique du foie de trois animaux. Le glycogène a été dosé par la méthode Bierry-Gruzewska et exprimé en glucose.

---

(1) Z. Gruzewska, *Soc. de Biol.*, t. 52, 1905, p. 423.

(2) On trouvera la bibliographie de la question dans la monographie de Fessinger.

	Tableau I.			Tableau II de comparaison (Oldtmann).	
	Chien 1, jeune et chétif.	Chien 2, vieux.	Chien 3, jeune et vigoureux.	Chien jeune.	Chien vieux.
	kg	kg	kg		
Poids du chien	11,400	14,800	14,100	»	»
Poids du foie	0,554	0,840	1,480	»	»
Poids du foie en pour 100 du poids du corps	4,85	5,67	10,49	» (1)	»

Les substances sont calculées pour 100g du foie frais.

	g	g	g	g	g
H^2O	71,80	66,86	69,17	79,27	63,27
Albuminoïdes	8,19	12,50	5,86		
Glycogène exprimé en glucose	11,76	16,20	22,30	19,82 (2)	35,98 (2)
Corps gras	2,80	2,50	1,31		
Cendres insolubles	0,35	0,20	0,16	0,89	0,73
Cendres solubles	0,96	0,80	0,72		

Tableau II : (1) Le poids du foie chez le chien est en moyenne de 2,7 à 3,5 pour 100 du poids du corps; (2) albuminoïdes, glycogène et corps gras ensemble exprimés en substances organiques.

N° 1, chien maigre et chétif (jeune), à partir du troisième jour n'accepte qu'une partie de la ration correspondant à son poids. Le foie augmente peu, la proportion du glycogène est notable, celle des albuminoïdes diminue. On a l'impression que l'organe est à la limite de son rendement.

L'examen histologique confirme cette impression, car toutes les cellules hépatiques renferment du glycogène, même celles de l'épithélium des voies biliaires.

Autour des espaces sus-hépatiques les cellules ont conservé leurs dimensions normales ($16^{\mu},5$ de diamètre); autour des espaces portes elles sont peu gonflées, dans la région moyenne du lobule, on constate, au contraire, une augmentation notable du volume cellulaire ($28^{\mu},1$ de diamètre moyen), qui peut s'accroître dans la proportion de 1 à 5.

N° 2, chien vieux, gras et bien portant. Il mange peu. Dès le troisième jour on est obligé de diminuer sa ration de plus de moitié. Le foie est plus volumineux, il y a une augmentation plus grande de glycogène, mais la proportion d'albuminoïdes reste assez forte.

Dans ce foie, les cellules les plus chargées en glycogène sont nettement localisées à une zone moyenne située entre la veine sus-hépatique et les espaces portes.

Dans cette zone moyenne, les cellules riches en glycogène atteignent parfois une dimension (41^{μ} de diamètre en moyenne) très considérable, leur volume étant 12 fois plus fort que celui des cellules d'aspect normal, renfermant peu de glycogène (diamètre moyen 17^{μ}). Sur les coupes traitées par les réactifs, qui dissolvent le glyco-

gène, on constate que les cellules volumineuses ont un aspect clair, leur cytoplasma étant réduit à de rares et fins trabécules de matières albuminoïdes précipitées, sur lesquels on observe les granulations mitochondriales. Au contraire, les petites cellules des régions centrales et périphériques (espaces portes et sus-hépatiques montrent une trame protoplasmique très dense attestant leur richesse en albuminoïdes. Or, on sait que le foie des animaux âgés est riche en albuminoïdes, ce qui est bien le cas ici.

Avec le chien 3 (très jeune) les choses changent complètement. Il dévore sa ration dès le début. Le troisième jour on la double, les deux jours suivants on ajoute encore un quart de la ration. Le chien mange tout avec avidité. La quantité de glycogène du foie entier atteint 331^{g}. Le foie est énorme, mais la proportion d'albuminoïdes diminue notablement.

On constate à l'examen histologique que la totalité du lobule hépatique est surchargé de glycogène également réparti entre toutes les cellules. Celles-ci ont un diamètre moyen de 26$^{\mu}$ à 35$^{\mu}$; elles ont donc toutes augmenté de volume, mais aucune n'atteint la proportion considérable observée dans le foie précédent.

A titre de comparaison nous avons examiné le foie d'un chien de 17^{kg}, non soumis au régime; son foie pesait 464^{g} (2,72 pour 100 du poids du corps). On a trouvé 0,7 pour 100 de glycogène. Au point de vue histologique, nous avons constaté que les cellules mesurent 16$^{\mu}$ à 19$^{\mu}$ de diamètre moyen; le glycogène est précipité en granulations colorées en brun par l'iode, particulièrement dans les cellules de la région moyenne du lobule.

De ces observations se dégagent les faits suivants :

1° Un chien jeune soumis à un régime approprié, distend en quelque sorte toutes les cellules du lobule hépatique pour y accumuler le glycogène, ce qui a pour résultat : l'augmentation énorme du foie, du glycogène et en même temps l'abaissement de la proportion des albuminoïdes. Ces variations sont individuelles et dépendent de la puissance fonctionnelle des organes (différences entre le chien 1 et 3).

2° Chez un animal vieux il semble que les cellules, surtout dans la région moyenne du lobule, sont capables d'entasser de grandes quantités de glycogène. Et tout porte à croire, que les petites cellules, qui en contiennent moins (du centre et de la périphérie du lobule), sont surchargées d'albuminoïdes [1].

Dans ce foie toutes les cellules du lobule ne sont pas distendues par la présence du glycogène, mais celles qui le sont peuvent atteindre des dimensions inusitées.

3° Les plus grandes cellules d'un foie donné, chargé de glycogène, se trouvent dans la zone moyenne.

---

(1) Le foie ne présentait aucun signe de sclérose.

La quantité de glycogène trouvée dans le muscle et le cœur de nos animaux ne présente aucun rapport avec l'accroissement du glycogène dans leurs foies. Dans le muscle il a varié de 1,8 à 4,4 pour 100 du poids frais et dans le cœur nous avons trouvé de 0,9 à 1,5 de glycogène (exprimé en glucose) pour 100^{g} de muscle frais.

S'il y a peu de glycogène, il se présente au microscope sous forme de granulations brunes situées dans le sarcoplasma le long de la fibre; s'il y en a beaucoup, on observe une sorte de gaine continue entourant les fibrilles, colorée en brun et infiltrée dans le protoplasma.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la porphyrinurie expérimentale. Lésions du rein au cours de l'intoxication par le sulfonal chez le lapin.* Note de M. E. **Grynfeltt** et Mlle R. **Lafont**, présentée par M. Henneguy.

On sait, depuis les recherches de Stokvis, que l'on peut déterminer de la porphyrinurie chez l'homme et chez certains mammifères par l'ingestion plusieurs fois répétée de doses suffisantes de sulfonal. L'examen histologique des reins d'une malade ayant succombé au cours d'une de ces crises de porphyrinurie (cas de R. Stern) a montré d'autre part que le sulfonal détermine des lésions de néphrite toxique (congestion, nécrose des épithéliums urinaires, etc.).

Dans le but d'étudier ces lésions rénales de façon plus précise, nous avons essayé de les reproduire expérimentalement chez le lapin, en intoxiquant ces animaux avec des doses de sulfonal juste suffisantes pour les rendre porphyrinuriques. L'un d'eux a été sacrifié au cours de la première crise après huit jours d'intoxication, l'autre après quatre mois, au cours desquels nous lui avons administré le toxique par période de huit jours alternant avec huit jours de repos (pour éviter les accidents mortels qui surviennent du douzième au quinzième jour d'une intoxication ininterrompue).

A l'autopsie, les reins étaient de volume normal, lisses et légèrement congestionnés. L'examen histologique a révélé dans les deux cas des lésions presque exclusivement épithéliales. Au point de vue conjonctivo-vasculaire, nous avons seulement noté de la congestion accompagnée d'un peu d'œdème, au niveau de certains vaisseaux périlobulaires; dans quelques glomérules, les anses vasculaires présentent aussi un léger degré de congestion. Chez le lapin chroniquement intoxiqué, il y avait en outre

quelques points d'infiltration leucocytique à forme nodulaire, autour de certaines veines périlobulaires.

Les lésions épithéliales sont beaucoup plus importantes. Elles sont comme dans toutes les néphrites toxiques, très inégales dans leur intensité suivant les points considérés, et cela pour des segments homologues de tubes parfois très voisins.

A. Au niveau des *segments à bâtonnets* (segment à bordure en brosse, et segment intermédiaire de Policard) les altérations épithéliales atteignent leur maximum de fréquence et d'intensité. Dans l'intoxication aiguë, nombre de tubes ne présentent à ce niveau qu'un *état granuleux* résultant de la fragmentation des bâtonnets, qui, dans ce cas particulier, est bien la lésion initiale, et apparaît en l'absence de tout phénomène de cytolyse. Celle-ci se montre en d'autres points et atteint le deuxième ou le troisième degré, tels que les ont définis Castaigne et Rathery. Dans l'intoxication chronique, ces lésions cytolytiques sont prédominantes, mais on observe en plus de l'*homogénéisation* ou nécrose hyaline. Aussi les débris cellulaires intralobulaires, source de cylindres urinaires, sont-ils plus abondants que dans la forme aiguë.

Deux faits méritent d'être signalés qui donnent à la néphrite toxique par le sulfonal une physionomie particulière, un peu différente de celles que provoquent les poisons plus violents du rein.

1° Le toxique porte plus volontiers son action sur le cytoplasme et respecte dans une certaine mesure le noyau. Dans la plupart des cellules présentant de la cytolyse au deuxième ou au troisième degré, ou même de l'homogénéisation, le noyau conserve sa structure normale. Ses altérations se font d'ailleurs suivant un mode un peu spécial. Les pycnoses sont exceptionnelles. On note des chromatolyses légères, mais surtout une forme un peu particulière de caryorrhexie, que nous dénommons *caryorrhexie vésiculeuse*, pour indiquer que le chromatine se met en grumeaux dans un noyau vésiculisé, qui se gonfle d'abord, puis devient plus ou moins flasque au moment où il est évacué dans la lumière du tube, dans lequel sa membrane se dissout finalement mettant en liberté les grains chromatiques.

2° Contrairement à certains agents chimiques qui déterminent des néphrites toxiques où les lésions des tubes urinaires sont semblables et de degré identique dans les divers points de leurs segments successifs (Mouriquand et Policard), le sulfonal détermine des lésions variables dans leur nature et leur intensité d'une cellule à l'autre, dans les divers éléments de la même coupe d'un même tube.

B. Dans les autres segments du tube urinaire, y compris l'épithélium du corpuscule de Malpighi au niveau de la face interne de la capsule de Bowmann, dans la région voisine du collet, jusqu'au pore urinaire, on observe des lésions d'hypertrophie ou de cytolyse plus ou moins accentuée. La dégénérescence hyaline y est relativement rare.

C. La coloration élective du chondriome par la méthode de Regaud nous a permis de suivre ses modifications au cours de ces divers processus dégénératifs. C'est l'appareil mitochondrial qui réalise la lésion initiale, puisque les bâtonnets ne sont autre chose que des chondriocontes un peu spéciaux. Plus tard, au cours de la cytolyse et de la vacuolisation du cytoplasme, les chondriosomes qui résultent de leur fragmentation (courts bâtonnets baciliformes ou mitochondries) se dispersent sans ordre, le long des travées intervacuolaires. Finalement, ces mitochondries se transforment en petites vésicules à centre clair et finissent par disparaître. Quand la cellule subit, de façon précoce, le processus d'homogénéisation, il y a une sorte de *chondriolyse*, c'est-à-dire de dissolution des chondriosomes dans la substance hyaline, que l'hématoxyline de Regaud teint alors de façon uniforme.

Ces altérations mitochondriales, très nettes dans les segments à bâtonnets, se retrouvent dans tous les autres segments du tube urinaire, mais leur observation y est plus difficile en raison de la délicatesse du chondriome des cellules qui les constituent.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Quelques modifications du plasma sanguin et de l'urine, au cours du jeûne, chez le diabétique.* Note de MM. **Desgrez**, **Bierry** et **Rathery**, présentée par M. Widal.

Depuis un certain temps, nous avons entrepris l'étude des besoins alimentaires spécifiques de l'organisme et nous avons montré, par des expériences sur des animaux soumis au jeûne *lipéique* ou au jeûne *hydrocarboné*, dans des conditions déterminées, que les troubles du métabolisme ne peuvent être évités que si les protéiques, les corps gras et les sucres de la ration y figurent suivant un rapport déterminé.

Nous avons insisté sur le rôle fonctionnel des hydrates de carbone, aussi bien en ce qui concerne l'utilisation des protéines que l'utilisation des graisses. En particulier, le métabolisme des corps cétogènes provenant d'acides aminés ou d'acides gras, est conditionné par les hydrates de carbone, en ce qu'il exige un blocage préalable avec ces derniers.

Il était indiqué d'étendre cette étude à l'homme diabétique et de rechercher, tout d'abord, entre quelles limites les différentes espèces alimentaires peuvent se suppléer, sans provoquer de phénomènes d'acidose et se trouver, à ce point de vue, physiologiquement équivalentes. Nos expériences, sur ces divers points, sont déjà nombreuses, mais nous croyons nécessaire d'exposer, dès le début, les résultats relatifs au métabolisme du diabétique soumis au jeûne et utilisant ses réserves (cure de Guelpa, Allen, etc.).

Les sujets étaient choisis parmi les diabétiques qui, avec une nourriture ordinaire, éliminent, par les urines, des « corps acétoniques ». Ces malades recevaient d'abord un régime type; ils étaient, à ce régime, laissés plusieurs jours en observation, puis soumis à la diète hydrique. On les remettait ensuite au régime primitif.

Les analyses ont porté sur le plasma sanguin et sur l'urine. Dans le premier, nous avons dosé l'eau, le sucre libre, le sucre protéidique, la sérumalbumine, la sérumglobuline et l'azote de ces deux protéines, les prises de sang étant faites, le matin, à jeun, sur une veine du bras; dans l'urine, on a effectué les dosages du sucre, de l'acétone et des *acides cétoniques*, enfin des *acides cétogènes*, en employant la méthode de Schaffer et Marriott, modifiée d'après les résultats d'une étude critique préalable.

Voici, rapportés à 1000^{cm^3} d'eau, pour le plasma veineux, au litre et aux 24 heures, pour l'urine, les chiffres fournis par quelques-uns des cas étudiés :

	Plasma veineux pour 1000^{cm^3} d'eau.				Urine.					
	Sucre		N		Sucre		Acétone et acides cétoniques		Acides cétogènes	
	libre.	protéidique.	des protéines totales.	de la sérumalbumine.	par litre.	en 24 heures.	par litre.	en 24 heures.	par litre.	en 24 heures.
Mme *Met*...										
Avant jeûne.......	3,57	1,11	9,49	7,44	60	118	1,94	3,82	3,65	7,20
1er jour de jeûne...	″	″	″	″	10	19,90	0,99	1,91	2,55	4,95
2e » ...	2,82	1,24	10,93	9	4	5,40	1,33	1,74	3,80	5,15
M. *Pol*...										
Avant jeûne.......	4,84	1,54	9,27	6,20	140	805	0,33	1,87	0,55	6,50
1er jour de jeûne...	″	″	″	″	37	89	0,75	1,81	1,41	3,39
2^e^ » ...	3,54	1,33	9,48	7,11	4	16,60	0,50	2,07	0,55	2,29
M. *Plank*...										
Avant jeûne.......	3,11	2,22	8,41	8,11	29	76	0,19	0,49	0,39	1
1er jour de jeûne...	″	″	″	″	3	11,50	0,14	0,55	0,08	0,32
2e » ...	1,34	1,67	10,92	9,43	0	0	0,17	0,75	0,06	0,25

	Plasma veineux pour 1000$^{cm^3}$ d'eau.				Urine.					
	Sucre		N		Sucre		Acétone et acides cétoniques		Acides cétogènes	
	libre.	protéidique.	des protéines totales.	de la sérumalbumine.	par litre.	en 24 heures.	par litre.	en 24 heures.	par litre.	en 24 heures.
Mme *Meli*...										
Avant jeûne.......	g 2,77	g 1,22	g 8,87	g 8,29	g 67	g 134	g 0,10	g 0,20	g 0,38	g 0,75
1er jour de jeûne...	″	″	″	″	0	0	0,08	0,16	0,14	0,28
2e » ...	″	″	″	″	0	0	″	″	″	″
3e » ...	1,55	0,81	9,92	7,32	0	0	0,23	0,50	0,19	0,40
Réalimentation....	″	″	″	″	26	26	0,17	0,17	0,20	0,20
»	2,98	1,27	8,24	″	42	53	0,15	0,19	0,45	0,56
Coma diabétique (M. *Lam*...)										
Avant inject. de bicarbonate de soude.	3,25	3,30	11,20	9,10	35	″	2,10	″	7,75	″
Après inject. de bicarbonate de soude.	″	″	″	″	40	″	2,30	»	7,80	″
Coma diabétique (Mme *Trem*...)										
1er jour...........	7,22	1,40	7,92	5,43	36	″	1,62	″	5,22	″
2e »	12	1,30	8,36	6,68	″	″	″	″	″	″

L'examen du Tableau précédent montre que, chez le diabétique acidosique, sous l'influence du jeûne :

1° Les protéines augmentent dans le plasma veineux; cette augmentation porte principalement sur la sérumalbumine, contrairement à ce qui s'observe, d'après les auteurs, dans le jeûne de l'individu normal;

2° Le sucre libre et le sucre protéidique du plasma diminuent dans les cas les moins graves, mais ces corps augmentent, au contraire, s'il y a imminence de coma;

3° Le sucre urinaire diminue notablement et peut même disparaître;

4° L'acétone, les acides diacétique et β-oxybutyrique subissent des variations globales caractérisées par une baisse d'autant plus marquée que leur taux primitif est plus élevé; les variations des acides cétoniques et celles des acides cétogènes ne sont pas toujours parallèles; un dosage portant exclusivement sur l'acétone et l'acide diacétique est donc notoirement insuffisant.

Chez le diabétique acidosique, le jeûne semble favoriser l'assimilation des corps cétoniques et cétogènes; la mesure de cette utilisation, rapprochée de certaines modifications du plasma, permet de régler le pronostic.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Les lésions nerveuses de l'appendicite chronique.* Note [1] de M. P. Masson, présentée par M. Roux.

En 1914, j'ai appelé l'attention sur la propriété qu'ont les cellules chromaffines de Kultschitzky-Schmidt de l'épithélium intestinal de réduire l'oxyde d'argent ammoniacal et de constituer des tumeurs habituellement bénignes, les Carcinoïdes des Allemands, qui ont la structure de glandes à sécrétion interne, d'où le nom de *tumeurs endocrines* que j'ai cru devoir substituer au précédent [2].

Depuis, étudiant des appendices enlevés dans les circonstances les plus diverses, j'ai pu constater des hyperplasies nerveuses indéniables dans la plupart de ceux qui avaient un passé morbide. Ces lésions m'ont, d'autre part, fait constater les liens inattendus qui unissent les cellules argentaffines au système nerveux de la muqueuse intestinale.

Voici tout d'abord les faits qui furent les points de départ de mes recherches :

1° L'appendice (Ribbert l'a dit depuis longtemps) s'atrophie souvent sans phénomènes inflammatoires apparents. Son épithélium régresse, sa cavité se comble progressivement à partir de son extrémité distale, et ce sont les tissus non épithéliaux de la muqueuse qui forment la masse oblitérante axiale. Les éléments lymphoïdes disparaissent peu à peu. Mais, fait laissé jusqu'ici dans l'ombre, la *muscularis mucosæ* persiste indéfiniment. Les nerfs du plexus périglandulaire survivent longtemps aux glandes, puis s'atrophient à leur tour, mais inégalement. Souvent, par contre, ils s'hypertrophient par place ou même donnent naissance à des petits névromes.

2° Lorsque l'appendice a été largement ulcéré, sa cavité peut se combler de tissu cicatriciel. Le tissu scléreux axial contient les débris dissociés des fibres de la *muscularis mucosæ*. Les filets nerveux de la muqueuse, sectionnés par l'ulcération, donnent naissance à des névromes dont j'ai comparé la genèse à celle des névromes d'amputation [3].

3. Il existe une forme d'appendicite caractérisée par des accidents douloureux et digestifs prolongés, sans crise aiguë, que les cliniciens désignent sous le nom incorrect mais expressif d' « appendicite chronique d'emblée ». Parfois l'appendice est oblitéré

---

(1) Séance du 18 juillet 1921.

(2) *La glande endocrine de l'intestin chez l'homme* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 59). *Les tumeurs endocrines de l'appendice* (avec Gosset) (*Presse médicale*, 1914).

(3) *Les névromes sympathiques de l'appendicite oblitérante* (*Lyon chirurgical*, mai-juin, 1921).

et contient un ou plusieurs névromes; souvent il est perméable partout et sans lésions apparentes. Ici encore j'ai souvent trouvé des névromes. Ceux-ci forment de petites masses plexiformes qui, situées entre le fond des glandes de Lieberhühn et la *muscularis mucosæ*, refoulent parfois notablement celle-ci.

Ils sont situés exactement dans les intervalles qui séparent les follicules lymphoïdes, au point où les artères nourricières de la muqueuse abordent la *muscularis mucosæ*, et où se font les raccords entre le plexus de la muqueuse, les plexus périvasculaires et myentériques. Dans ce cas l'hypothèse du névrome d'amputation n'est guère admissible.

En étudiant ces petites tumeurs de plus près, je constatai la présence, au point de croisement de leurs filets, de *cellules ganglionnaires* très spéciales, *remplies de granulations* naturellement jaunâtres, acidophiles, chromaffines, sidérophiles *qui réduisaient l'oxyde d'argent ammoniacal comme celles des cellules de Kultschitzky-Schmidt de l'épithélium intestinal.*

Je repris à ce point de vue l'étude de toutes mes pièces d'appendicite chronique et arrivai aux résultats suivants :

a. Dans les appendices oblitérées atrophiques sans persistance de tissu nerveux, il n'y a pas de cellules argento-réductrices.

Dans les appendices oblitérées avec simple persistance de tissu nerveux, on trouve de rares cellules argento-réductrices dans les filets sympathiques.

Dans les appendices oblitérées avec névromes, les cellules argento-réductrices sont nombreuses au voisinage du névrome et dans le névrome lui-même.

b. Dans les appendices perméables, plusieurs cas sont à considérer :

S'il y a des névromes intramuqueux, on y trouve des cellules ganglionnaires argento-réductrices.

S'il n'y a pas de névromes constitués on trouve des cellules argento-réductrices, parfois en nombre considérable dans les nerfs du plexus périglandulaire, là même où se développent les névromes.

Dans plusieurs cas, enfin, je pus constater que parmi ces cellules incluses dans les nerfs, certaines avaient la forme cylindrique, se groupaient autour de petites cavités sphériques remplies par une substance mucoïde et différenciaient à la limite de cette cavité une cuticule striée, cependant que toutes leurs régions basales étaient encombrées de granulations argentaffines; d'autres étaient arrondies et différenciaient dans la portion non granuleuse de leur cytoplasme des corps anguleux basophiles semblables à des corps de Nissl.

Çà et là, j'ai pu observer *la continuité de ces vésicules épithéliales incluses dans un nerf avec l'épithélium d'un fond de glande de Lieberkühn.*

Cette pullulation de cellules argentaffines, dont beaucoup prennent la forme et la structure de cellules ganglionnaires, est accompagnée d'une augmentation de diamètre des nerfs qui les hébergent et d'une telle hyperplasie de ceux-ci qu'ils ébauchent des petits névromes.

Dans ces observations, que je me propose de publier plus en détail, tout concourt à démontrer l'*origine intestinale des cellules argentaffines incluses dans les nerfs hyperplasiques de la muqueuse appendiculaire et leur fonction neuro-formative*. Celle-ci ressortait déjà de mon étude des névromes. Et comme les cellules ganglionnaires argentaffines ne se rencontrent *que dans les nerfs inclus dans la muqueuse*, j'en viens à me demander si l'endoderme de l'embryon ne produirait pas le système nerveux de la muqueuse digestive comme l'ectoderme primordial produit le système cérébro-spinal. Mes observations sur la neurogénèse endodermique chez l'adulte pathologique seraient alors moins paradoxales.

Si maintenant nous envisageons une autre adaptation des cellules argentaffines, l'*adaptation glandulaire endocrine* des cellules granuleuses de l'épithélium intestinal, nous en venons à nous demander si cette adaptation n'est pas liée génétiquement et fonctionnellement à la neurogénèse endodermique, si, en résumé, *le système nerveux autochtone de la muqueuse digestive n'a pas son paraganglion argentaffine et chromaffine comme le sympathique a ses paraganglions phœochromes*. Que l'avenir démontre ou non cette hypothèse, un fait reste cependant : c'est la constance, dans l'appendicite chronique, d'une anomalie nerveuse acquise et la fréquence, que l'appendice soit oblitéré ou non, d'une néoformation de nerfs à point de départ épithélial. Si obscure que soit sa cause, ce fait à lui seul méritait d'être signalé.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.